



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

OPTIMALIZACE PROSTŘEDKŮ ZLT NA LETIŠTI OSTRAVA (NÁHRADA POJEZDOVÉHO RADARU)

OPTIMIZATION OF THE OSTRAVA AIRPORT GROUND CONTROL SYSTEM (INSTEAD OF ITS
MOBILE APPROACH RADAR)

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ONDŘEJ MIČKAL

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. SLAVOMÍR VOSECKÝ, CSc.

BRNO 2011

ABSTRAKT

Tato diplomová práce pojednává a porovnává současné technologie a systémy, které se využívají pro sledování a řízení pohybů na letištních plochách. V práci jsou uvedeny jejich základní charakteristiky, principy funkce a jejich možnosti využití. Porovnání přináší přehled o jejich přednostech a omezeních při využívání v provozu.

Dále se zabývá touto problematikou na ostravském Letišti Leoše Janáčka. Obsahuje popis současné situace a návrhy jak řešit problémy spojené se zaváděním CAT III přesného přiblížení a přistání, a s tím související sledování a řízení pohybů na letištní ploše za špatných meteorologických podmínek.

ABSTRACT

This diploma thesis discusses and compares the current technologies and systems that are used to monitor and control movements on the airport surface. The paper presents the basic characteristics, operational principles and possibilities. Comparison provides an overview of their strengths and limitations in operational use.

It also deals with this issue at the Ostrava Leos Janacek Airport, describes current situation and suggests how to solve problems associated with the introduction of CAT III precision approach and landing as well as monitoring and controlling of movements on the airfield under poor weather conditions.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pojezdový radar, Multilaterace, ADS-B, A-SMGCS, sledování pozemních pohybů na letištní ploše, Letiště Leoše Janáčka Ostrava.

KEY WORDS

Surface movement radar, Multilateration, ADS-B, A-SMGCS, monitoring of ground movements on the airfield, Ostrava Leos Janacek Airport.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MIČKAL, O. *Optimalizace prostředků ZLT na letišti Ostrava (náhrada pojezdového radaru)*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 67s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Optimalizace prostředků ZLT na letišti Ostrava (náhrada pojezdového radaru)“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Brně 25. 5. 2011

.....
Bc. Ondřej Mičkal

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří se podíleli na tvorbě mé diplomové práce, zejména pak svému vedoucímu doc. Ing. Slavomíru Voseckému, CSc. za cenné rady a připomínky. Dále pak všem z Letiště Ostrava, kteří mi byli jakkoliv nápomocni s technickými aspekty práce a v neposlední řadě RNDr. Zdeňku Proskemu a Ing. Pavlu Pláničkovi z ŘLP ČR s.p. za informace a náměty týkající se provozních postupů na Letišti Ostrava.

OBSAH

OBSAH	13
ÚVOD	17
1. Technologie sledování letištních ploch	18
1.1. Rozdělení technologií	18
1.1.1. Nespolupracující technologie.....	18
1.1.2. Spolupracující technologie.....	19
1.1.3. Závislé technologie	19
1.1.4. Nezávislé technologie.....	19
1.1.5. Systémy zpracování dat	19
1.2 Primární pojezdový radar (SMR).....	20
1.2.1. Charakteristika SMR.....	21
1.2.2. Princip funkce primárního radaru.....	21
1.3. Multilaterace.....	23
1.3.1. Princip určení 3D polohy.....	23
1.3.2. Možnosti aplikace MLAT.....	24
1.3.2.1. Airport Surface Surveillance (sledování letištní plochy)	24
1.3.2.2. Terminal Area Surveillance (sledování v koncové části přiblížení)..	24
1.3.2.3. Wide Area Surveillance (sledování po trati)	25
1.3.2.4. Precision Runway Monitoring (přesné sledování dráhy)	25
1.3.2.5. Height Monitoring Unit (monitorování výškové separace)	26
1.3.2.6. Environmental Management	26
1.4. ADS-B.....	27
1.4.1. Služby poskytované ADS-B.....	28
1.4.2. Přenos signálu ADS-B.....	28
1.4.3. Princip funkce ADS-B a TIS-B	28
1.5. ADS-X	31
1.6. A-SMGCS	32
1.6.1. Koncepce a hlavní funkce.....	32
1.6.1.1. Dohled (Surveillance).....	33
1.6.1.2. Řízení (Control).....	33
1.6.1.3. Plánování, směřování (Planning, Routing).....	34
1.6.1.4. Vedení (Guidance)	34
1.6.2. Úrovně A-SMGCS	36
1.6.2.1. Level I	36

1.6.2.2.	Level II	37
1.6.2.3.	Level III	38
1.6.2.4.	Level IV	39
1.6.3.	Zavádění úrovně A-SMGCS	40
2.	Srovnání jednotlivých technologií	41
2.1.	SMR vs. MLAT vs. ADS-B	41
2.2.	Zobrazení dat na obrazovce SMR vs. A-SMGCS	44
3.	Definice	44
3.1.	Kategorie přesného přístrojového přiblížení a přistání	44
3.2.	LVP (Low Visibility Conditions) - podmínky nízké dohlednosti	45
3.3.	LVP (Low visibility procedures) - postupy za nízké dohlednosti	45
3.4.	LVTO (Low Visibility Take Off) - vzlety za nízké dohlednosti	45
3.5.	Výška rozhodnutí	45
4.	Sledování a řízení pohybů na letišti Ostrava – Mošnov	46
4.1.	O letišti Ostrava – Mošnov	46
4.2.	Historický vývoj této problematiky	46
4.3.	Současný stav a vybavení letiště	46
4.4.	Popis letištního přehledového systému ATS	48
4.4.1.	Zobrazení letadel	48
4.4.1.1.	Provoz palubních odpovídačů, když je letadlo na zemi	49
4.4.2.	Vybavení a zobrazení vozidel	49
4.4.2.1.	SQUID (SQB)	49
4.4.3.	Možnosti využití	50
4.4.4.	Procedurální řízení	51
5.	Návrhy řešení pro letiště Ostrava	52
5.1.	Varianta 1	52
5.1.1.	Odhad nákladů na variantu 1	53
5.2.	Varianta 2	54
5.2.1.	Perimetrický milimetrový radar	55
5.2.2.	Odhad nákladů na variantu 2	58
5.3.	Srovnání a vyhodnocení variant	58

ZÁVĚR	61
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	62
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	63
SEZNAM PŘÍLOH.....	66
PŘÍLOHY	67

ÚVOD

Letecká doprava v České republice je velmi dynamicky se rozvíjejícím odvětvím. Řízení letového provozu musí na tuto situaci reagovat a řídit velmi rychle rostoucí počet letadel ve vzdušném prostoru ČR při zachování vysoké míry bezpečnosti, rychlosti a ekonomičnosti letecké dopravy. To se samozřejmě projevuje nejvíce na letištích, na která jsou kladeny čím dál větší požadavky na kapacitu, rychlost odbavení letadel a bezpečnost provozu za jakýchkoliv meteorologických podmínek. Letiště musí na tuto situaci reagovat a vhodnými prostředky zabezpečit zvyšující se požadavky leteckých společností.

Zadání této diplomové práce vzniklo ve spolupráci s Letištěm Leoše Janáčka Ostrava na základě současné situace okolo sledování a řízení pohybů na letištní ploše, zavádění třetí kategorie přesného přiblížení a přistání (CAT III) při absenci primárního pojezdového radaru (SMR). Cílem této práce by měl být ucelený přehled a porovnání technologií a systémů pro sledování a řízení pohybů na letištní ploše a návrh optimálního řešení pro ostravské letiště.

První dvě kapitoly této diplomové práce pojednávají a porovnávají současné technologie a systémy, které se využívají pro sledování a řízení pohybů na letištní ploše. Jsou zde uvedeny jejich základní charakteristiky, principy funkce a jejich možnosti využití. Porovnání přináší čtenáři přehled o jejich přednostech a omezeních při využívání v provozu.

Další část diplomové práce se zabývá touto problematikou na Letišti Ostrava. Popisuje jednak jeho současné technické vybavení, ale především se zabývá způsobem řízení pozemních pohybů na letištní ploše, provozními postupy a aktuálními omezeními, které vyplývají především z absence primárního pojezdového radaru (SMR).

V poslední části diplomové práce navrhuji varianty, jak řešit současné problémy a omezení ostravského letiště, spojené se sledováním a řízením pohybů na letištní ploše a zavádění CAT III. Konkrétně jde o dvě varianty. Jedna s využitím nového SMR a druhá s rozšířením současného multilateračního přehledového systému o bezpečnostní systém s milimetrovou radarovou a kamerovou technikou. Dále se také zabývám porovnáním a vyhodnocením nejpříjemnější varianty, a to nejen z hlediska přínosu pro letiště, ale také z hlediska technického a ekonomického.

1. Technologie sledování letištních ploch

V dřívější době řízení pohybů na letištní ploše probíhalo výhradně vizuálně, na základě rozhledu řídicích letového provozu z řídicí věže, což bylo velmi limitující zejména v noci a za špatných meteorologických podmínek. S rozvíjející se leteckou dopravou začala být potřeba udržet provozuschopnost letišť i během noci a nepřízně počasí. Významným pokrokem bylo využití primárního radaru s vyzařovací charakteristikou namířenou k zemskému povrchu, dnes známému jako Surface Movement Radar (SMR). Poskytoval řídicím přehled o situaci na letištní ploše jak v noci, tak za podmínek nízké dohlednosti, avšak s omezením při intenzivnějších srážkách, které významně snižují jeho dosah a možnost identifikovat cíl. SMR stále nachází své uplatnění a je využíván jako součást A-SMGCS, a to i přes skutečnost, že dnes známe výrazně pokročilejší technologie jako multilaterace a ADS-B, které dokážou identifikovat cíl a zobrazit jej nejen jako „flek“, jehož velikost záleží na množství odražené energie, ale jako bod a přidat k nim spoustu dalších informací například z odpovídačů.

1.1. Rozdělení technologií

Všechny výše zmíněné technologie se dají rozdělit do několika základních skupin podle jejich charakteristik:

- Nespolupracující technologie
- Spolupracující technologie
- Závislé technologie
- Nezávislé technologie
- Systémy zpracování dat

1.1.1. Nespolupracující technologie

Nespolupracující technologie jsou takové, které pro zaměření cíle nevyžadují žádnou spolupráci s cílem, tzn., že cíl nemusí vysílat žádný elektromagnetický signál, a přesto bude viděn. Tyto technologie mají dnes uplatnění jako systémy dohledu a kontroly letiště před narušiteli. Typickou nespolupracující technologií je primární radar, který se dodnes hojně využívá. Další technologie spadající do této kategorie se používají spíše pro ostrahu nebo kontrolu určitých specifických oblastí, kde nedostačují standardní systémy. Jedná se o systémy využívající mikrovlnné, optické akustické, infračervené nebo magnetické senzory. Některé tyto systémy mohou využívat programů s umělou inteligencí rozpoznání druhu vozidla, to je možné například u informací z magnetických smyček. Systémy používající záběry kamerových systémů mají taktéž velký potenciál. S jasností 10 krát vyšší než má lidské oko, je tento systém schopen identifikovat situace, ve kterých je možno automaticky analyzovat druh pohybujícího se vozidla.

1.1.2. Spolupracující technologie

Spolupracující technologie jsou takové, které vyžadují, aby vozidlo nebo letadlo, které má být identifikováno, bylo vybaveno odpovídačem nebo majákem. Ten na základě dotazů, nebo sám od sebe, jednou za vteřinu vysílá informace o letadle a jeho poloze, případně se poloha určuje z rozdílných časů příchodu tohoto signálu na rozmístěné antény multilateračního systému. Do této kategorie spadají technologie jako SSR, MLAT, ADS-B.

1.1.3. Závislé technologie

Jedná se o nejnovější technologie, které jsou závislé v tom smyslu, že pro určení polohy využívají GNSS a následně všechny informace přeposílají na jedinou anténu, která informaci pouze přijímá. To je velmi efektivní a ekonomicky výhodné, ve srovnání například s triangulačními nebo hyperbolickými systémy, které potřebují více antén a teprve na základě rozdílných časů příchodu signálu určí polohu cíle.

1.1.4. Nezávislé technologie

Jsou takové, které nejsou závislé na žádném jiném systému. Dá se říci, že sem spadají všechny zde zmiňované technologie kromě ADS-B

1.1.5. Systémy zpracování dat

Zpracování dat se už nedá považovat za samostatnou technologii, ale za velmi pokročilý systém, který provádí fúzi dat z několika nezávislých technologií. Data vyhodnocuje a informace poskytuje řídicím letového provozu. V dnešní době se jedná o nezbytnou součást ATM na větších letištích, a to především z důvodů zvyšování kapacity letiště pomocí účinného řízení pohybů po ploše při zachování vysoké úrovně bezpečnosti. Tyto systémy jsou známy pod názvem Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS).

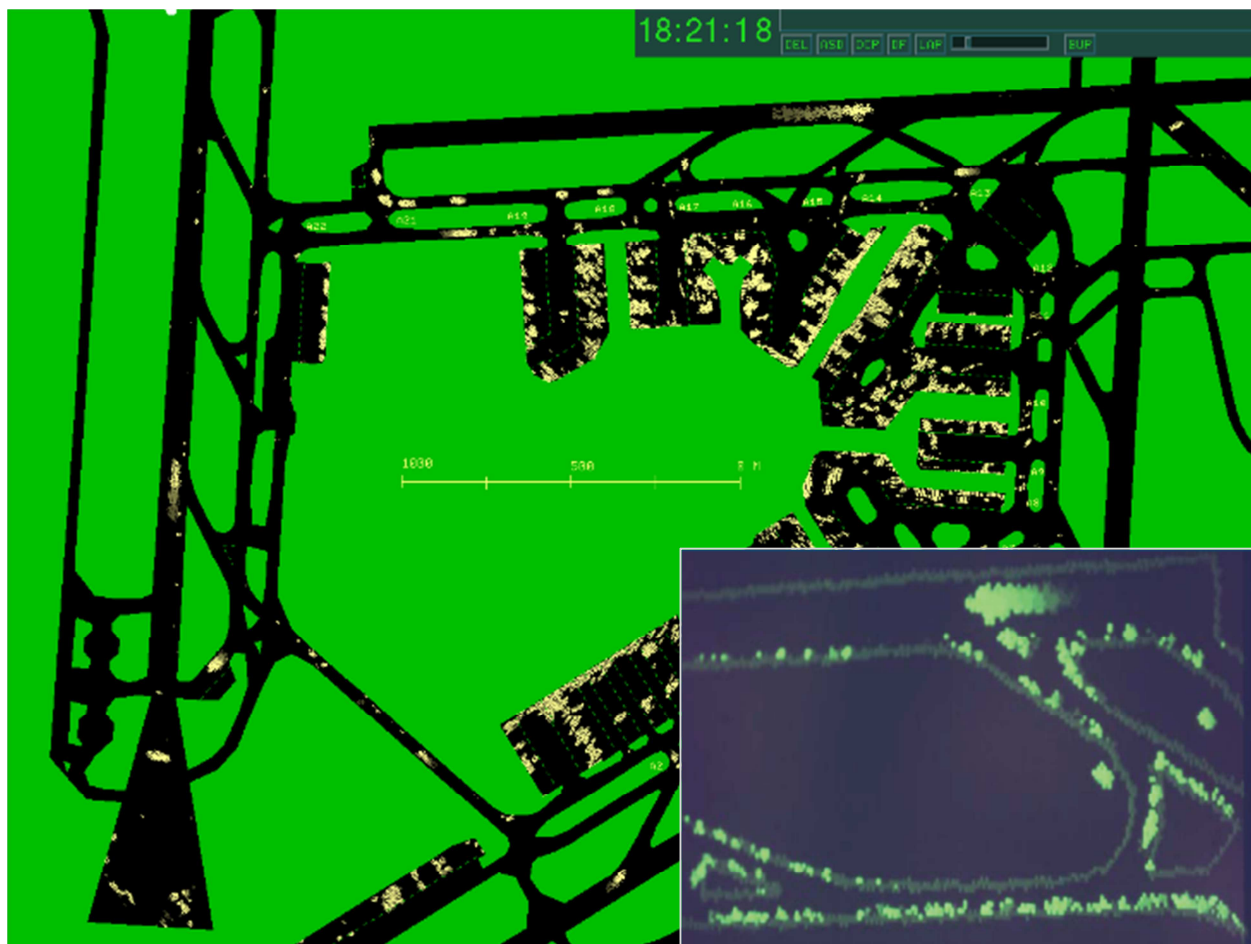
Následující tabulka zobrazuje vztahy a příslušnost jednotlivých technologií k výše popsaným kategoriím. Systémy zpracování dat A-SMGCS mají za úkol sloučit všechny výstupní data z technologií v tabulce do jednoho obrazového výstupu.

	Nespolupracující technologie	Spolupracující technologie
Nezávislé technologie	<ul style="list-style-type: none"> - Primární radar - Mikrovlnné technologie - Akustické technologie - Infračervené technologie - Magnetické smyčky 	<ul style="list-style-type: none"> - Sekundární radar - Multilaterace (odpovídače A/C/S) (vysílače UHF, VHF)
Závislé technologie		<ul style="list-style-type: none"> - ADS - ADS-B

Tab. 1-1 Rozdělení technologií

1.2 Primární pojezdový radar (SMR)

Pojezdový radar, v angličtině Surface Movement Radar – SMR, někde taky známý jako ASDE – Airfield Surface Detection Equipment, je stále důležitou součástí bezpečnostního systému letiště. Dříve s absencí této technologie řídicím letového provozu nezbývalo nic jiného, než pohyby po letištní ploše řídit vizuálně na základě výhledu s řídicí věží. Z toho pramenila velká omezení, zejména za špatné viditelnosti. Nástupem tohoto sledovacího prostředku se možnosti kontroly nad provozem na letišti výrazně zvýšily, a to především za podmínek nízké viditelnosti. V dnešní době již existuje spousta technologií, které téměř ve všech ohledech možnosti primárního radaru překonávají, například multilaterace nebo ADS-B. Ovšem všechny tyto systémy jsou systémy sekundární, což znamená, že vyžadují spolupráci sledovaných cílů.



Obr. 1-1 Zobrazení dat ze SMR na letišti Schiphol Amsterdam

Primární radar poskytuje přehled o všech letadlech a vozidlech na provozních plochách letiště bez jakýchkoliv nároků na jejich technické vybavení, takže řídicí je teoreticky schopen odhalit jakéhokoliv narušitele v případě, že objekt má dostatečnou odraznou plochu, aby se signál od něj odrazil zpět a projevil se na

obrazovce řídicího. Teoreticky proto, že primární radar neposkytuje žádné informace o cíli, takže je na obrazovce zobrazen pouze jako „skvrna“ bez jakékoliv identifikace, takže řídicí musí přesně vědět, kde by se které letadlo nebo dopravní prostředek měl pohybovat, aby dokázal vyhodnotit, zda jde o reálný cíl, cizí objekt nebo falešný odraz. Toto je velmi problematické zejména u velkých letišť s velkým počtem pohybů. Navíc i přes velký technologický pokrok tato technologie trpí jistými nedostatky, vyplývající z fyzikální podstaty funkce primárního radaru. V některých oblastech je použití tohoto radaru znemožněno komplikovaným šířením signálu vlivem terénu nebo zákrytů sledované plochy, a dále také velkou citlivostí na meteorologické podmínky, což se týká zejména vydatných srážek.

Z těchto důvodů se dnes na velkých letištích používá jako jeden z mnoha zdrojů dat, které vstupují do systémů A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control systém), který poskytuje komplexní přehled o situaci a pohybech na letišti se všemi možnými údaji o cílech a mnoha funkcemi výstrahy, navádění, atd.

1.2.1. Charakteristika SMR

Pojezdový radar se zpravidla umísťuje na střešku řídicí věže, aby měl pokud možno co nejlepší „rozhled“ na okolní plochy letiště. V mnoha případech je toto umístění velmi problematické kvůli samotné váze radaru, a také komplikovanému přístupu pro údržbu. SMR je v podstatě klasický primární radar s vysokou obnovovací frekvencí, toho je dosaženo vyzařováním velmi krátkých impulsů o délce obvykle 40 nanosekund. Nosná frekvence je obvykle v pásmech X-Band (9GHz), nebo K_U-Band (15-17GHz). U radarů s vyšším rozlišením se frekvence vysílaného signálu pohybuje mezi 92GHz a 96GHz. Vysoká míra aktualizace je dosažena rychlým otáčením antény, přibližně jedna otáčka za sekundu. Vyzařovací charakteristika SMR je namířená k zemskému povrchu, přičemž vyzařovací paprsek je velmi úzký, pohybuje se okolo 0,25° azimutu.

Pojezdový radar se skládá z pěti hlavních součástí:

- Vysílač
- Přepínač
- Přijímač
- Anténa
- Obrazovka

1.2.2. Princip funkce primárního radaru

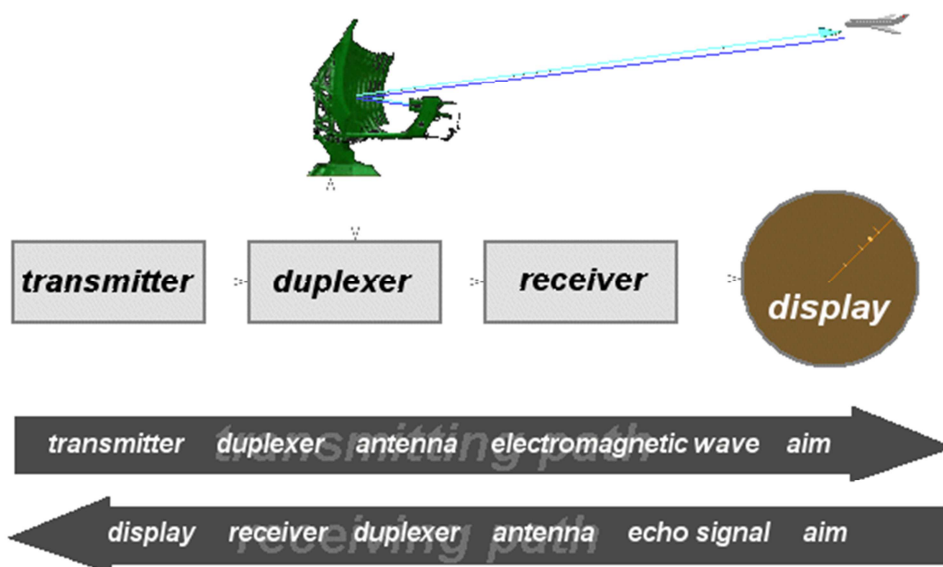
Pojezdový radar je ve své podstatě klasický primární radar s krátkým dosahem a vyzařovací charakteristikou přizpůsobenou pro sledování povrchu letiště. Proto je jeho princip shodný s jakýmkoliv primárním radarem, ať se jedná o radar meteorologický, přehledový nebo pro přesné přiblížení.

Radar vysílá vysokofrekvenční impulzy do prostoru a na základě odrazů, čili odraženého elektromagnetického vlnění, získává informace o poloze a podle množství přijaté energie i o velikosti cíle.

Ve chvíli kdy radar vysílá impulz, je přepínač přepnut na vysílací anténu a okruh. Vždy se jedná o dobu, kterou trvá odeslat jeden impulz, v případě pojezdového radaru jde asi o 40 nanosekund. Po tuto dobu radar pouze vysílá a není schopen přijímat jakýkoliv odražený signál. Důsledkem toho je, že radar není schopen registrovat cíle, které jsou ve vzdálenosti bližší, než je vzdálenost, kterou urazí vysílaný impulz během doby, po kterou je systém přepnut na vysílací režim tj. 40 nanosekund u SMR.

Jakmile se impulz odešle, systém se přepne do režimu přijímání a přijímá odražené impulzy. Ty jsou zpracovány a zobrazovány na obrazovce řídicího letového provozu.

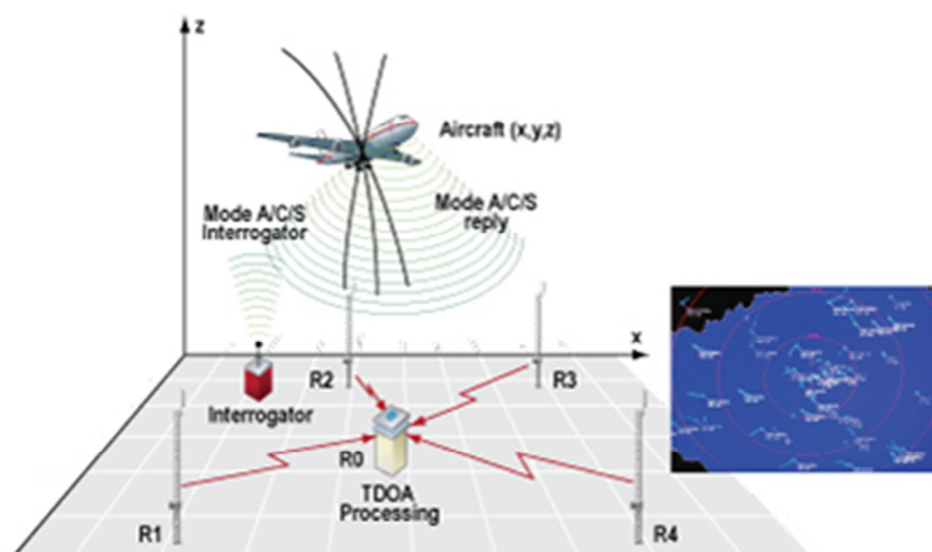
Energie přijatých impulzů je významně nižší než energie vysílaných, z tohoto důvodu je nutné zabezpečit, aby se energie výstupního signálu nedostala do okruhu přijímače.



Obr. 1-2 Průběh a vysílání a příjmu primárního radaru [7]

1.3. Multilaterace

Tato technologie se velmi dobře osvědčila ve vojenských systémech pozorování, kde je potřeba velmi přesně sledovat letecký a pozemní provoz. Multilaterace je dnes velmi využívána i v civilním letectví. Jedná se o hyperbolický systém lokalizace letadel a vozidel na základě časového rozdílu příchodu signálu od objektů (TDOA – time difference of arrival) na čtyři nebo více přijímacích stanic, které jsou strategicky rozmístěných v prostoru celého letiště, terminálu nebo širší oblasti, kde pokrývá větší oblast vzdušného prostoru. Systém přijímá a zpracovává signál z odpovídačů v módu A/C/S stejně jako tradiční přijímač sekundárního radaru, tudíž neklade žádné nároky na nové avionické vybavení letadel.



Obr. 1-3 Schéma a funkce MLAT [4]

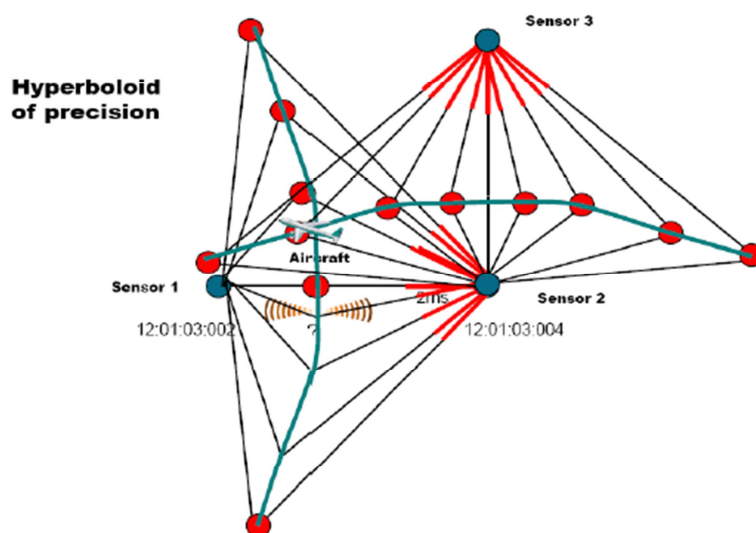
1.3.1. Princip určení 3D polohy

Jak už bylo popsáno výše, systém určuje polohu objektu na základě TDOA časového rozdílu příchodu signálu k přijímacím stanicím. Signál přichází konstantní rychlostí na každou z nich v odlišném čase. Na základě znalosti tohoto časového rozdílu a rychlosti šíření signálu můžeme určit polohu cíle. Pokud máme dvě tyto stanice, existuje množina bodů pro jednu hodnotu TDOA. Ve 3D tato množina popsána hyperboloidem, tzn., že cíl se může nacházet kdekoli na tomto pomyslném tělese.

Pokud přidáme třetí stanici, získáme druhou TDOA a zároveň další hyperboloid. Jejich průnikem dostaneme charakteristickou křivku, na níž se nachází hledaný cíl.

Pro přesné určení polohy je nutné přidat čtvrtou stanici, která vytvoří třetí TDOA a samozřejmě hyperboloid. Průnikem tohoto třetího hyperboloidu a charakteristické křivky dostaneme konkrétní bod ve 3D, čili polohu cíle.

Velmi významnou roli při přesnosti určení polohy hraje přesnost měření času přijetí signálu. Tyto chyby způsobují, že pokud požadujeme významně zvýšit přesnost, nebudou stačit pouze čtyři stanice. Samozřejmě pokud uvažujeme model, stačí nám stanice čtyři pro získání jednoho bodu, ovšem ve skutečnosti se i při vyšším počtu stanic stěží protne v jednom bodě a proto musíme polohu dopočítávat například pomocí metody nejmenších čtverců. Další možností je zprůměrování několika TDOA z předchozích měření.



Obr. 1-4 Princip určení polohy pomocí MLAT [8]

1.3.2. Možnosti aplikace MLAT

1.3.2.1. Airport Surface Surveillance (sledování letištní plochy)

V dnešní době jsou multilaterační systémy nezbytnou a nepostradatelnou součástí A-SMGCS. Odstraňují většinu nedostatků SMR, zejména při dohledu nad zastíněnými plochami letiště, problematické sledování při silném dešti nebo sněžení, neschopnost identifikace cílů při jejich velké blízkosti. Jsou instalovány na většině světových letišť.

1.3.2.2. Terminal Area Surveillance (sledování v koncové části přiblížení)

Nachází uplatnění zejména na letištích s významně nižšími nadmořskými výškami oproti okolnímu terénu, zpravidla se jedná o letiště v hornatých územích například Innsbruck, Vancouver, Queenstown nebo i Ostrava. Pomocí standardních radarů bývá dohled nad závěrečným přiblížením letadel na takovýchto letištích velmi problematický, zejména kvůli neschopnosti radaru přehlédnout přes hřebeny hor do údolí. Zde se s výhodou uplatí multilaterační systém jehož antény je možné rozmístit

na okolní hřebeny hor a bezpečně tak zajistí dohled, a navíc za zlomek ceny oproti tradičním radarům.

1.3.2.3. Wide Area Surveillance (sledování po trati)

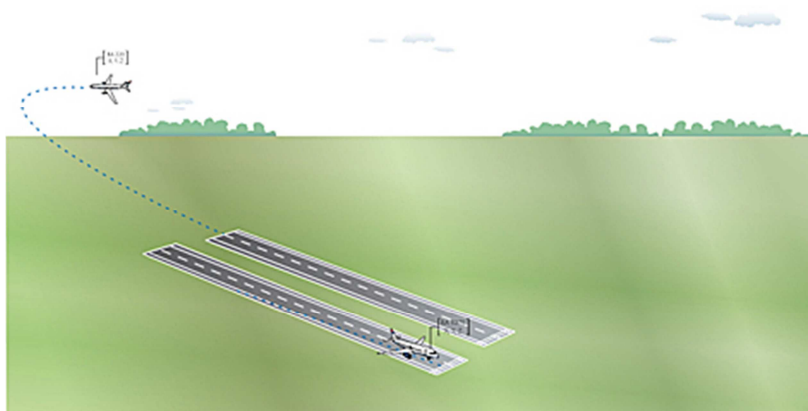
Jedná se o rozšíření předcházejících dvou aplikací o vzdálené stanice MLAT. Příjímač může být instalován prakticky kdekoliv, daleko za hranice dosahů jakéhokoliv radaru. Vzdálenosti mezi jednotlivými stanicemi MLAT mohou být až okolo 100km. Opět nutno podotknout, že za významně nižší náklady než je tomu u tradičních radarů.

1.3.2.4. Precision Runway Monitoring (přesné sledování RWY)

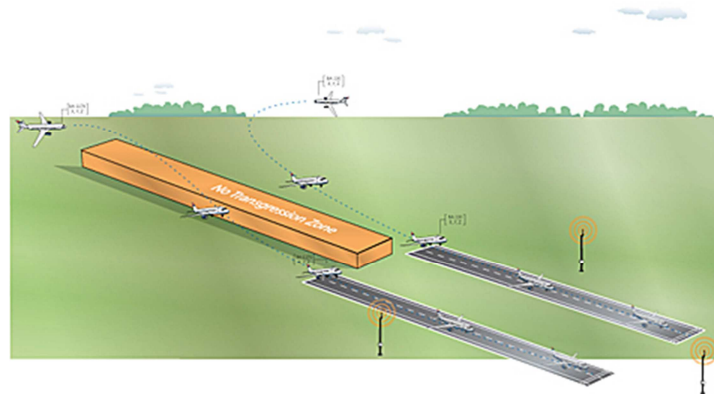
Je velmi důležitou aplikací multilaterace, která je schopna zajistit větší bezpečnost při přistání a výrazně vyšší kapacitu letiště.

Na letištích s paralelními dráhami, které jsou příliš blízko sebe, nemohou letadla bezpečně létat vedle sebe za přístrojových podmínek. Letadla jsou rozmístěna na přiblížení s významnými rozestupy, což výrazně snižuje propustnost letiště, a to zejména při špatných meteorologických podmínkách.

Časté řešení bylo zavedení velmi přesných, elektronických skenovacích radarů nazývaných Precision Runway Monitor (PRM), které dovolilo současné přiblížení letadel k paralelním RWY, přičemž nejmenší dovolený rozestup mezi takovými RWY je 3300ft. Avšak rozšíření tohoto systému bylo velmi omezené kvůli velmi vysokým pořizovacím a instalačním nákladům a nákladům na údržbu. V současné době MLAT PRM splňuje a v mnohém překračuje specifikace e-scan radarů a je schopen zvýšit propustnost letiště až o 30%, zejména ve špičkách a špatných meteorologických podmínkách. S tímto je také spojené snadnější rozšiřování letišť o paralelní dráhy s možností stavět nové dráhy v blízkosti stávajících.



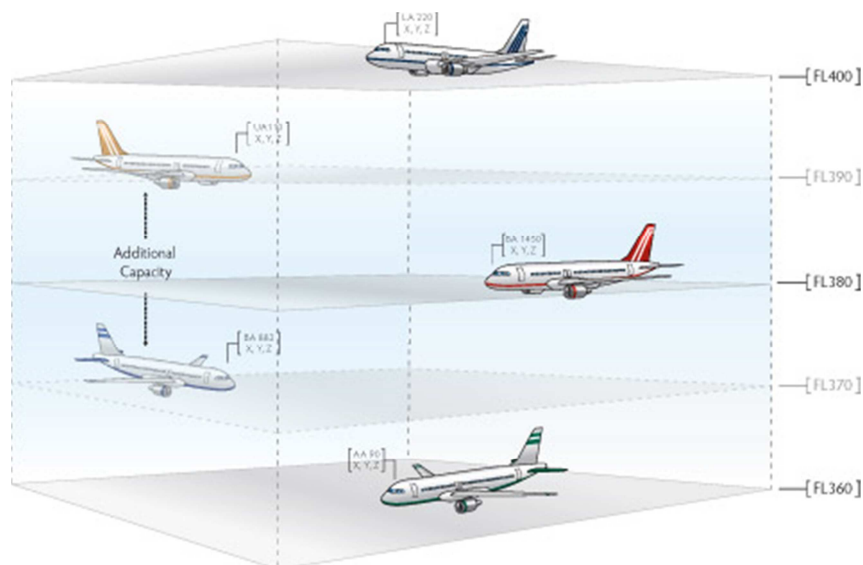
Obr. 1-5 Přiblížení bez MLAT PMR - je potřeba zachovávat velké rozestupy [1]



Obr. 1-5 Přiblížení s MLAT PMR - je možné nezávislé přiblížení s výrazně menšími rozestupy [1]

1.3.2.5. Height Monitoring Unit (monitorování výškové separace)

Při zavádění technologie výškoměrů RVSM byla uplatněna technologie MLAT k měření a ověřování dodržování minimálních vertikálních rozestupů mezi FL 290 a FL 410, kde byly rozstupy sníženy z 2000ft na 1000ft.



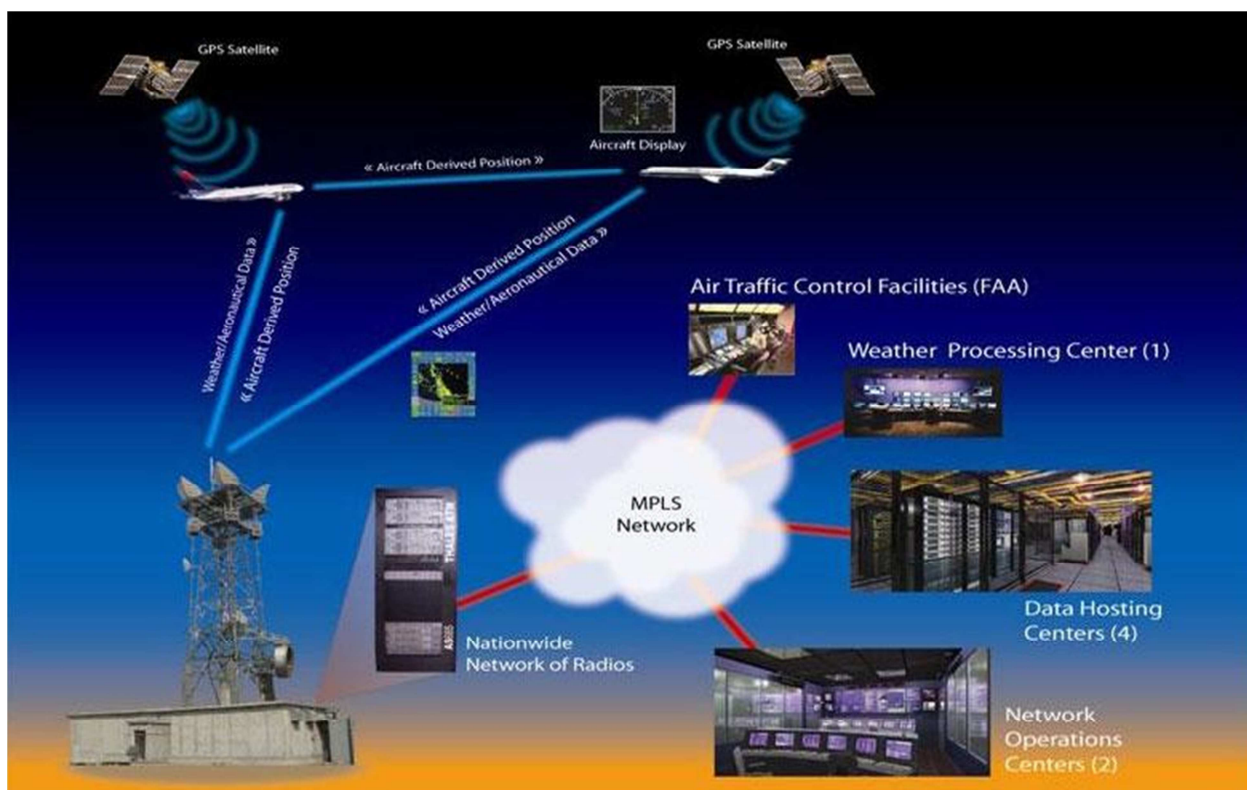
Obr. 1-6 Kontrola rozstupů pomocí MLAT při snížení vertikálních rozstupů [1]

1.3.2.6. Environmental Management

Systém je schopen identifikovat každé přilétající a odlétající letadlo a zaznamenávat jeho přesnou trasu nad povrchem spolu s časem průletu nad konkrétními body. To lze využít jako velmi dobrý zdroj informací například o hluku a emisích v problematických oblastech. Tato zaznamenaná data byla již několikrát přijata jako relevantní důkaz v soudních sporech.

1.4. ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) je zásadní technologií pro příští generace systémů řízení letového provozu. V budoucnu se počítá, že by měla plně nahradit veškeré dnešní sekundární přehledové radary. Umožňuje zvyšovat kapacitu vzdušného prostoru, mnohonásobně zvyšovat bezpečnost letecké dopravy a díky kompatibilitě s multilateračními systémy tvoří základ pro kompatibilní globální síť sledování leteckého provozu.



Obr. 1-7 ADS-B [10]

Letadla, nebo jakékoliv dopravní prostředky pro určení vlastní polohy a ostatních údajů v systému ADS-B, využívají informace z globálních navigačních satelitních systémů (GNSS). Tyto informace spolu s ostatními údaji z palubních přístrojů periodicky vysílají bez ohledu na to, zda je někdo přijímá nebo ne. Toto vysílání může přijmout a dekodovat jakékoliv letadlo, dopravní prostředek nebo pozemní stanice, která je vybavena kompatibilním ADS-B přijímačem. Obrovskou výhodou tohoto systému je, že piloti na svých obrazovkách v letadlech vidí stejné přehledové snímky jako řídící na zemi, navíc mohou být pomocí ADS-B In do letadla posílány informace i o letadlech v dané oblasti, které ADS-B nemají. V současné době se v dopravních letadlech ADS-B transpondéry kombinují s dalšími technologiemi například s protisrážkovými systémy.

1.4.1. Služby poskytované ADS-B

Letecký provoz

Pilot dostává informace o okolním provozu v oblasti, kde se právě nachází. Tyto informace obsahují výšku, kurz, rychlost a vzdálenost ostatních letadel.

Počasí (FIS-B)

Flight Information Service – Broadcast (FIS-B) mohou přijímat letadla vybavená UAT (Universal Access Transceivers) ADS-B. Jedná se o systém, prostřednictvím kterého dostávají piloti zprávy o počasí z meteorologických radarů. [10]

Terén

Poskytuje informaci o terénu v oblasti, kde se pilot s letadlem aktuálně pohybuje.

Letové informace (TIS-B)

Traffic Information Service (TIS-B) mohou přijímat letadla vybavená buď UAT nebo Mode-S Extended Squitter 1090ES. Poskytuje informace pilotovi, v okolní oblasti jeho výskytu, z pozemních sledovacích senzorů, jako jsou radary řízení letového provozu nebo multilaterační systémy. Dále také poskytuje například NOTAM. [10]

1.4.2. Přenos signálu ADS-B

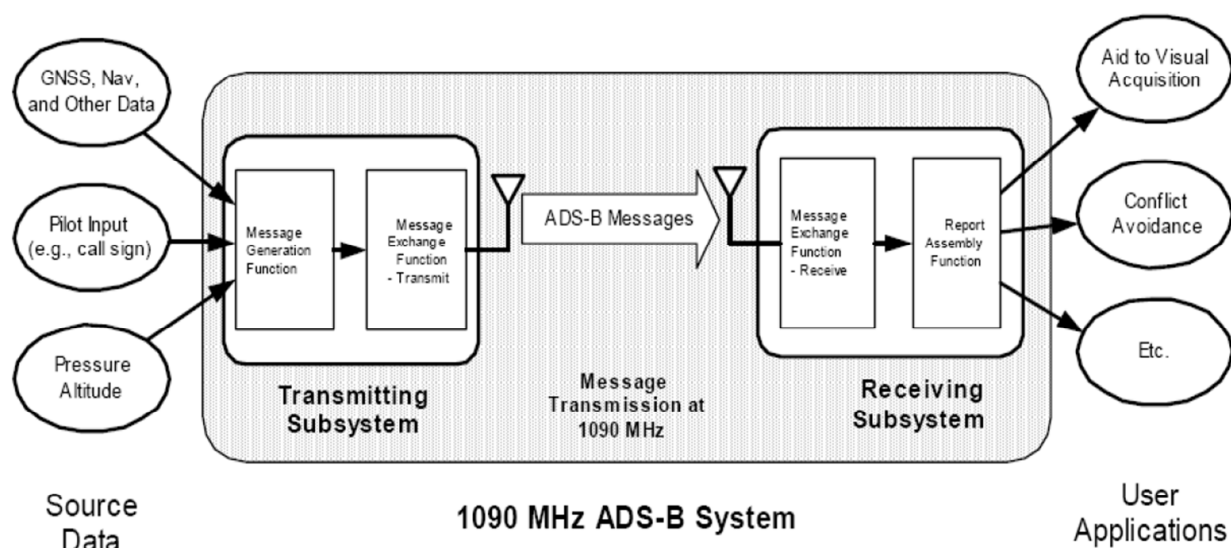
Přenos signálu ADS-B může být realizován třemi přenosovými protokoly:

- Mode-S Extended Squitter 1090ES
- VHF data link (VDL Mode 4)
- UAT – Universal Access Transceivers

1.4.3. Princip funkce ADS-B a TIS-B

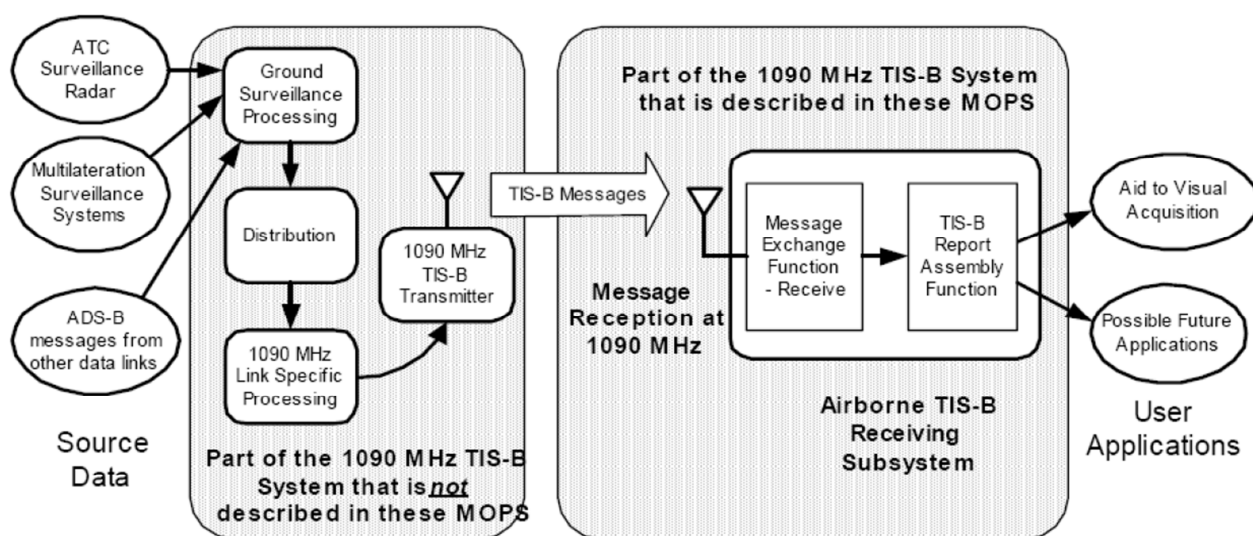
Pro popis principu funkce je důležité vysvětlit jednotlivá slova zkratky ADS-B. Automatic, česky automatický znamená, že systém nepotřebuje žádnou kontrolu pilotem nebo jakýmkoliv jiným systémem. Dependent – závislý v tom smyslu, že jeho fungování se neobejde bez dat z globálního satelitního navigačního systému, dnes pouze GPS. Surveillance – dozor, dohled naznačuje, že poskytuje obdobná data jako o leteckém provozu jako radar. Broadcast – vysílání, znamená všesměrové šíření vysílaného signálu a také to, že signál je přístupný komukoliv.

Jak už bylo řečeno, do subsystému v letadle vstupují údaje z GNSS, dále barometrická výška z palubního počítače a případně zpráva od pilota. Zde jsou data zpracována a vysílána v podobě ADS-B zpráv jedním z výše uvedených protokolů. Pokud jsou tyto zprávy přijaty, jsou dekodovány v přijímacím subsystému a následně dále zpracovány dle požadavků příjemce, například letadla nebo pozemní stanice řízení letového provozu.



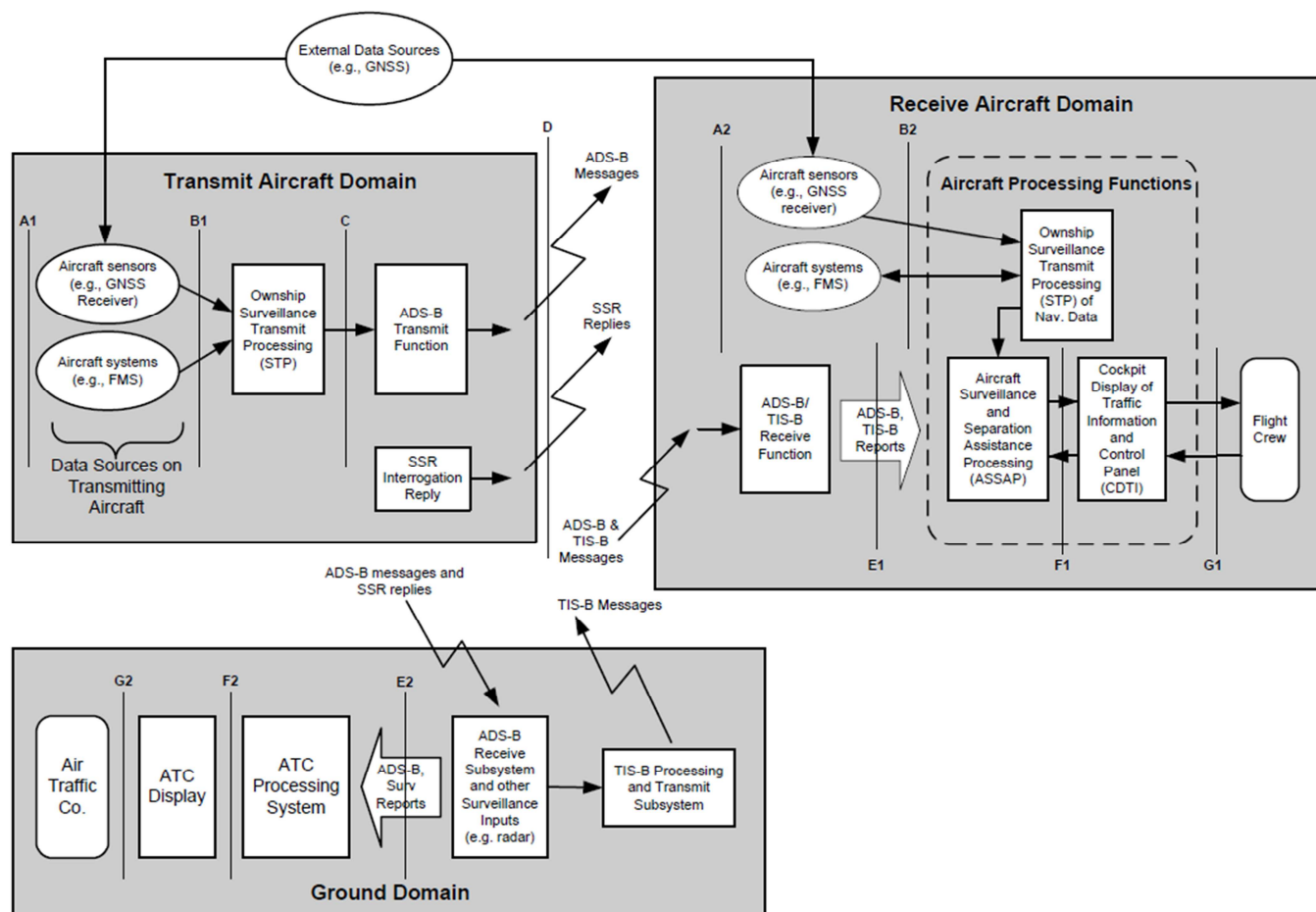
Obr. 1-8 Schéma funkce ADS-B letadlo - zem [9]

Na dalším obrázku je znázorněná funkce systému TIS - B. Jak bylo popsáno výše, jde o funkci pozemních systémů, takže se jedná o přenos zem - letadlo.



Obr. 1-9 Schéma funkce TIS-B zem - letadlo [9]

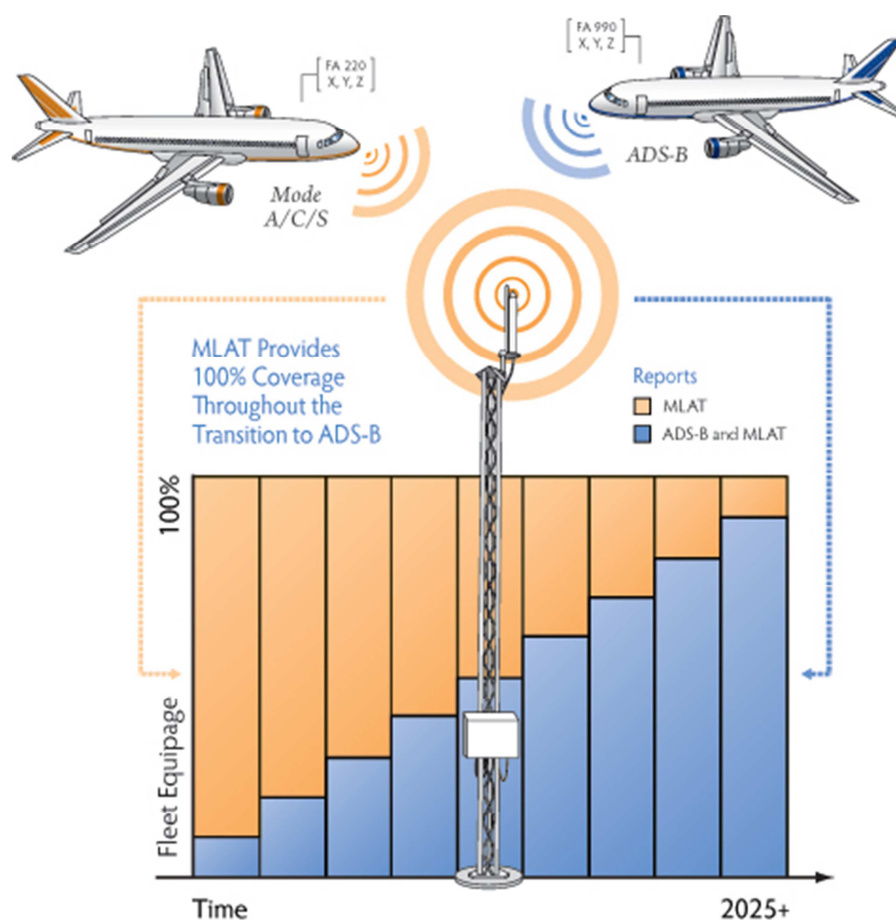
Další schéma zobrazuje kompletní strukturu ADS-B systému se všemi přijímacími a vysílacími subsystemy jak mezi jednotlivými letadly, tak komunikaci země - letadlo a letadlo – země.



Obr. 1-10 Komunikační schéma ADS-B [9]

1.5. ADS-X

Jde o rozšíření automatického závislého přehledu. Kombinuje ADS-B a MLAT technologie v jednom přijímači, což je obrovská výhoda při modernizaci letišť, které jsou již vybaveny multilateračními systémy. Neklade technické nároky na vybavení vozidel a avioniku letadel, které již fungují v MLAT systému. Dojde pouze o rozšíření senzorů o ADS-B. Další výhodou je také skutečnost, že MLAT může plnit ověřovací a kontrolní funkci při zavádění ADS-B.



Obr. 1-11 Sloučením ADS-B a MLAT získáme v budoucnu kompletní pokrytí vozového parku [4]

1.6. A-SMGCS

Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) je definováno jako modulární systém skládající se z různých aplikací pro podporu bezpečného, správného a rychlého pohybu letadel a všech dopravních prostředků po letištních plochách za všech okolností s ohledem na hustotu provozu, složitost uspořádání a požadovanou kapacitu letiště a to vše za jakýchkoliv podmínek viditelnosti.

Požadavky na tento systém vyplynuly během 70-tých a 80-tých let, kdy docházelo k masivnímu rozvoji letecké dopravy a bylo potřeba efektivně začít řídit pohyby na letišti. S rostoucím provozem se zvýšil počet pozemních incidentů a kapacity letišť, zejména za špatných meteorologických podmínek se začaly vyčerpávat. Proto ICAO v roce 1974 prezentovalo několik dokumentů pod názvem Surface Movement Guidance and Control System (SMGCS) týkajících se podmínek jak postupovat při řízení pozemních pohybů. V této fázi byl jako hlavní zdroj dat primární pojezdový radar (SMR), který jak už bylo popsáno výše, je velmi negativně ovlivňován vnějším prostředím.

S dalším rozvojem v průběhu let SMR nebyl schopen zajistit požadované služby. Proto do systému začalo vstupovat více dat z různých spolupracujících systémů jako sekundární radar, později multilaterace a v současnosti ADS-B. V roce 1990 SMGCS bylo nahrazeno názvem Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS).

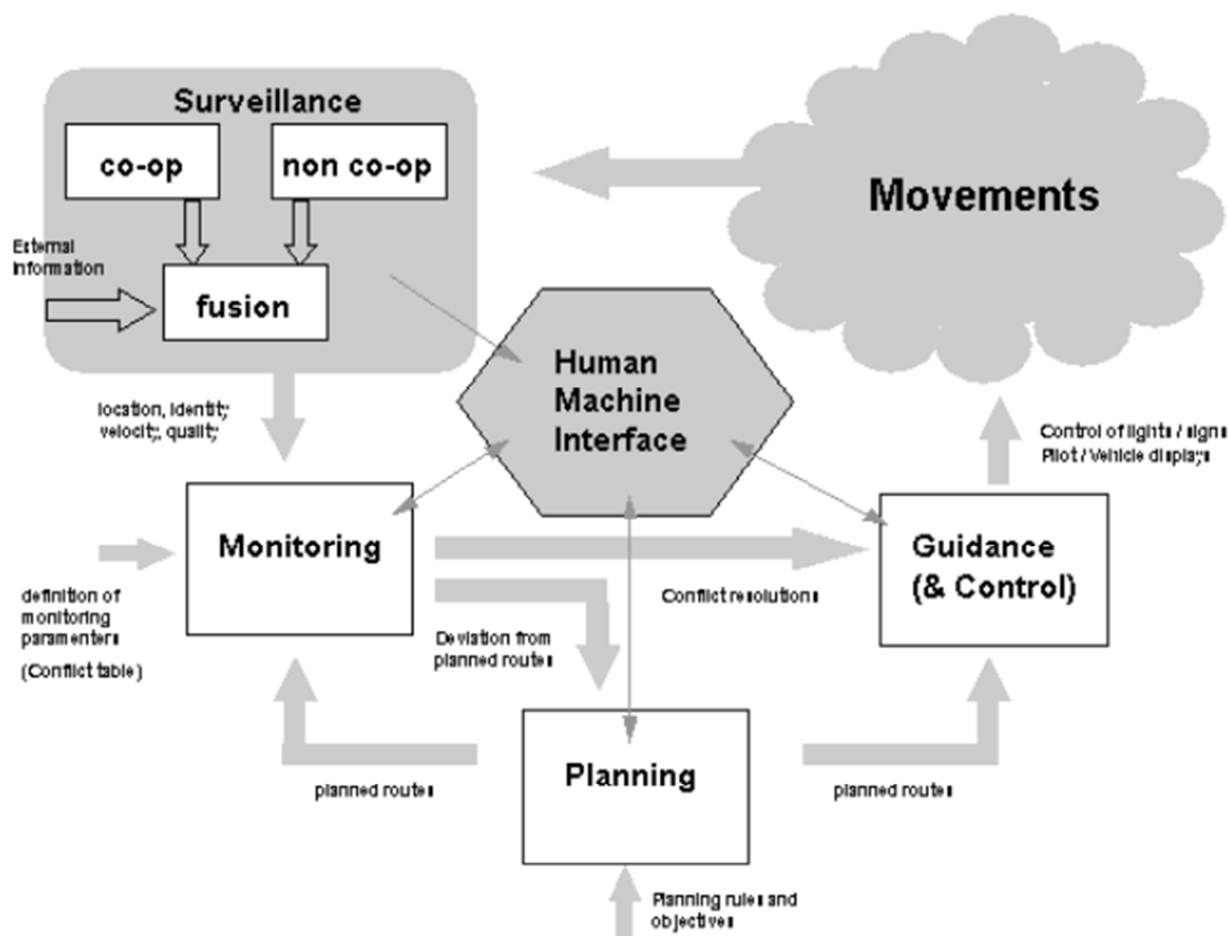
V současnosti je systém nastaven tak, že poskytuje řídicím letového provozu obraz o poloze veškerých prostředků v reálném čase. Data získává z několika nezávislých výše popsaných technologií, a po jejich vyhodnocení a fúzi odesílá kompletní zobrazení řídicím spolu s dalšími funkcemi, které se liší podle úrovně zavedeného A-SMGCS.

1.6.1. Koncepce a hlavní funkce

Koncepce A-SMGCS vznikla, aby pomohla lépe využít data ze stávajících systémů vzhledem k rostoucímu provozu a potřebám zachování vysoké míry bezpečnosti za jakýchkoliv podmínek a okolností, zejména na velkých letištích. Systém A-SMGCS, jak je definován v ICAO manuálu, má čtyři hlavní funkce:

- Dohled (Surveillance)
- Řízení (Control)
- Plánování, směřování (Planning, Routing)
- Vedení (Guidance)

Jejich propojení a souvislosti je možné vidět na obrázku níže nebo v příloze č. 1.



Obr. 1-12 Architektura A-SMGCS

1.6.1.1. Dohled (Surveillance)

Každé jednotlivé letadlo je plynule sledováno a identifikováno od konečného přiblížení až po dosažení parkovací polohy a naopak ze stojánky po vzlet. Tím získáváme přesné informace o poloze všech cílů, jejich pohybů uvnitř sledované oblasti, a také identifikace a vydaná povolení. Dnešní požadavky na plynulost a přesnost je možné splnit pouze s multisenzorovými systémy s případnou podporou SMR. Aktuální dopravní situace je zobrazena buď na analogových podkladech SMR, nebo na syntetické obrazovce systému A-SMGCS. Automatické vyhodnocení dopravní situace je základem pro všechny další úrovně a funkce.

1.6.1.2. Řízení (Control)

Základním úkolem funkce Control je zabráňovat kolizím, nepovoleným vjezdům na plochu a zajistit bezpečné, rychlé a účinné pohyby dopravních prostředků. V základním provedení je aktuální dopravní situace zaznamenávána a porovnávána se situací plánovanou v těchto bodech:

- Pojíždění nebo křížení dráhy bez povolení
- Pojíždění do zakázaných oblastí

Plánování situace provádí řídící letového provozu sám, nebo na základě návrhů podpůrných systémů plánování, případně tyto systémy pracují automaticky. V každém případě je rozhodujícím činitelem řídící letového provozu. V případě vzniku konfliktu mezi plánovanou situací a situací reálnou se využívá dvoustupňového systému výstrahy. První varování má informační povahu, druhé je skutečná výstraha, která vyžaduje okamžitý zásah řídícího. Pokud se jedná o pokročilé systémy A-SMGCS s plnou funkcí Control, je možné kontrolovat jak odchylky od plánované trasy, tak odchylky od časového plánu.

1.6.1.3. Plánování, směrování (Planning, Routing)

Funkce Plánování a Směrování je účinným nástrojem řídicích letového provozu pro podporu prostorového a časového plánování provozu v určitém časovém horizontu.

V dokumentech ICAO je termín Směrování používán v souvislosti s plánováním, kde hlavní roli hrají prostorové aspekty. To vychází ze skutečnosti, že na většině evropských letišť je limitující faktor malá variabilita neboli málo alternativních pojezdových tras mezi danou stojánkou a cílovou RWY nebo jakoukoliv jinou plochou.

Termín Plánování je obecnějším pojmem pro kombinaci směrování a časového harmonogramu. Jinými slovy se dá říci, že se jedná o prostorový a časový plán pohybů.

1.6.1.4. Vedení (Guidance)

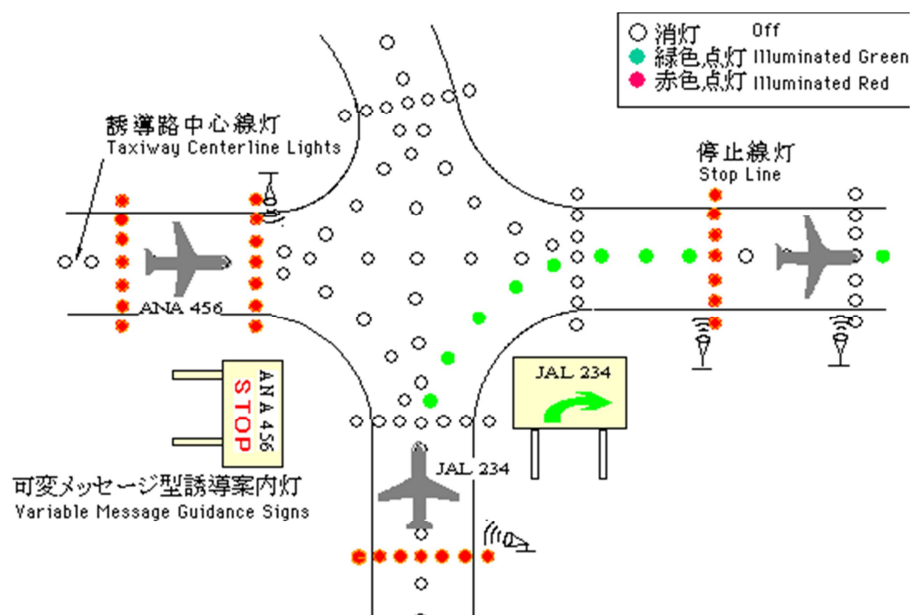
Funkce vedení je realizací plánů, které vznikají, jak už bylo napsáno výše, buď automaticky, nebo je vytváří přímo řídící letového provozu. Tato funkce je podporou pro piloty a řidiče všech dopravních prostředků pohybujících se po letištních plochách. Udává jim směr a naviguje po plánované trase a časově koordinuje vzájemně všechny pohyby. Existují dva přístupy řešení tohoto navádění:

- Pozemní vedení
- Palubní vedení

Pozemní vedení

Toto navádění se provádí pomocí pozemních prostředků, tzn. například světla os pojížděcích, stop příček, znaků atd. V pokročilejších systémech je dnes možné využít aplikaci Follow the Green. Ta zeleně osvětí naplánovanou trasu, kterou má letadlo následovat a projet. Hlavní výhodou tohoto systému je, že nevyžaduje žádné palubní vybavení pro letadla a dopravní prostředky. Využití nachází zejména u letišť,

kde je velké procento pohybů letadel všeobecného letectví, která nemají dostatečné vybavení pro palubní navádění.



Obr. 1-13 Příklad pozemního navádění [6]

Palubní vedení

Zobrazuje pilotovi informace o navádění přímo na palubních obrazovkách, kde vidí na mapovém podkladu svou aktuální polohu, plánovanou trasu a okolní provoz, který je možné nahrávat například z TIS-B. Systém je také schopen generovat varování při odchylkách od plánované trasy, časových odchylkách, dále také detekovat konflikty v plánovaných trasách a vydávat výstrahy před kolizí.



Obr. 1-14 Příklad zobrazení palubního navádění na obrazovce v letadle [6]

1.6.2. Úrovně A-SMGCS

Pro zavádění A-SMGCS existují jisté evoluční postupy a úrovně (Level), které na sebe navzájem navazují a tvoří ucelenou řadu funkcí od elementárních až po funkce velmi pokročilé. Každá taková úroveň má svoje kritéria a požadavky na konkrétní funkce. Například zatímco v úrovních I a II se řeší zejména bezpečnost, úrovně III a IV jsou navíc zaměřené na efektivnost řízení pohybů.

1.6.2.1. Level I

Pro tuto základní úroveň je prioritní určitý pokrok od stávajících letištních systémů tak, aby bylo dosaženo úplného přehledu o všech dopravních prostředcích na letišti.

Dohled (surveillance) v úrovni I

Pro přehledovou situaci v této úrovni je rozhodující fúze dat z jednotlivých sledovacích systémů, například multilaterace a SMR a zobrazení všech získaných údajů na jedné obrazovce řídicího. Zobrazení by mělo obsahovat:

- Komplexní přehled o dopravní situaci zobrazené na podkladové mapě letiště
- Zobrazení všech vozidel na letištní ploše
- Zobrazení všech letadel na letištní ploše
- Identifikace všech letadel na letištní ploše
- Identifikace všech spolupracujících vozidel na letištní ploše

Tento dohled by měl pokrývat i veškeré parkovací plochy a stojánky, aby bylo možné identifikovat pohyby i kolem nich. Zároveň by se systém měl být schopen vyrovnat s nespolečnými objekty v případě, že letadlo má nefunkční odpovídač.

Řízení (Control) v úrovni I

Řešení funkce detekce nebezpečného sblížení a nepovolených vjezdů na dráhu je velmi problematické. Vyžaduje velmi přesné definice případných konfliktů a zároveň související provozní postupy. Množství falešných poplachů by mělo být sníženo na minimum, aby bylo možné dosáhnout důvěry řídicích v automatické systémy řízení.

Služba řízení vyžaduje velmi pokročilé technologie dohledu (surveillance), se kterými se u A-SMGCS první úrovně nepočítá a proto je zařazována až do úrovně II.

Plánování, směrování (Planning, Routing) v úrovni I

Tato funkce vyžaduje pokročilé systémy plánování, se kterými se v úrovních I a II nepočítá, jelikož se zaměřují především na přehled a bezpečnost. Takže se do těchto úrovní nezavádí.

Vedení (Guidance) v úrovni I

V této úrovni se A-SMGCS zaměřuje především na přehledové funkce. Proto se s žádnými aplikacemi týkající se navádění nepočítá.

1.6.2.2. Level II

Navazuje na úroveň I a rozvíjí především funkce řízení (Control), což znamená výstrahy před nepovolenými vstupy, případně navádění (Guidance). Konkrétní požadavky na rozvoj A-SMGCS závisí na potřebách letišť.

Dohled (surveillance) v úrovni II

V úrovni II se nepředpokládá rozšiřování přehledové funkce oproti úrovni I, to neplatí v případě, že to vyžadují ostatní funkce. ADS-B ani TIS-B nemusí být pilotům a řidičům dopravních prostředků plně k dispozici. Přehledová funkce je pro úroveň I a II stejná.

Řízení (Control) v úrovni II

Základní funkce Control má za úkol vydávat výstrahy při nepovolených vstupech na dráhu nebo jiné zakázané plochy s využitím lokálních postupů při udělování povolení. Systém pro tuto úroveň nemusí detekovat všechny dráhy, nýbrž postačí kontrola těch kritických a nebezpečných. V každém případě je ale velmi důležité, aby byl schopen upozornit řídicího letového provozu na nepovolený vstup včas.

Plánování, směrování (Planning, Routing) v úrovni II

Tato funkce vyžaduje pokročilé systémy plánování, se kterými se v úrovních I a II nepočítá, jelikož se zaměřují především na přehled a bezpečnost. Takže se do těchto úrovní nezavádí.

Vedení (Guidance) v úrovni II

Tato služba je v úrovni II poskytována především pro osobní automobily a pozemní techniku z důvodu snadné technické implementace palubního navádění. Řidiči mají na obrazovkách kompletní mapu letiště, kde jsou znázorněny všechny pojezdové dráhy, vzletové a přistávací dráhy, překážky a jejich aktuální pozice získaná z GNSS. Tento systém pomáhá velmi účinně snižovat chyby v navigaci zejména za špatné viditelnosti. Stále se však v této úrovni jedná o funkci dobrovolnou.

1.6.2.3. Level III

Opět se jedná o rozšíření předcházející úrovně. Tentokrát je ovšem prioritou povědomí a sdílení informací o okolním provozu mezi piloty a řidiči pozemních dopravních prostředků a zavádění automatického navádění.

Dohled (surveillance) v úrovni III

Přehledová funkce třetí úrovně je rozšířená oproti úrovni II o schopnost sdílet a zobrazovat vzájemnou polohu letadel a dopravních prostředků pohybujících se po letišti mezi řidiči, piloty a řidiči. To vyžaduje zavádění technologie ADS-B / TIS-B. Všechny cíle v pohybu se po letišti s A-SMGCS úrovně III musí být spolupracující, aby byla možná automatická identifikace. Nespolupracující cíle v této úrovni jsou považovány za narušitele.

Řízení (Control) v úrovni III

Na základě funkce Surveillance třetí úrovně je možné detekovat jakýkoliv hrozící konflikt mezi letadly a pozemními dopravními prostředky na pohybových plochách letiště. Výstrahy jsou prováděny stejně jako v úrovni II, avšak jsou varování jak řidiči tak piloti a řidiči. Výstraha detekovaného konfliktu by měla být přizpůsobená podle toho komu je určena, tzn., že zobrazená výstraha před konfliktem, například mezi letadlem a vozidlem je odlišná pro řidičiho, pilota a řidiče dopravního prostředku.

Plánování, směrování (Planning, Routing) v úrovni III

Základem funkce Plánování, směrování (Planning, Routing) je plánovat nejlepší trasu mezi výchozí a cílovou pozicí. To vše s ohledem na minimalizaci

pojížděcích časů, okolní provoz, současné provozní podmínky na letišti a lokální pravidla provozu. Tato funkce je poskytována pouze řídicímu, který na jejím základě vydává povolení pro piloty a řidiče.

Vedení (Guidance) v úrovni III

Rozšíření pro tuto úroveň spočívá v těchto bodech:

- Zobrazení kompletní mapy letiště se všemi pojezdovými a vzletovými dráhami, překážkami a pozicemi letadel a všech mobilních prostředků.
- Poskytování aktualizací v reálném čase o stavech všech drah a zobrazování na mapě. Toto je možné zabezpečit například pomocí technologie TIS-B.
- Automaticky ovládané pozemní světelné značení tzn. automatické rozsvěcení stop příček nebo osového značení na základě řídicím povolené trasy.

1.6.2.4. Level IV

Aplikace úrovně IV vyžaduje zlepšení funkcí aplikovaných v úrovni III na maximální možnou úroveň.

Dohled (surveillance) v úrovni IV

Přehledová funkce odpovídá úrovni III.

Řízení (Control) v úrovni IV

Funkce Control v úrovni IV je poskytnuta všem účastníkům provozu na pohybových plochách a dále může být rozšířená o automatické řešení nebezpečného sblížování.

Plánování, směřování (Planning, Routing) v úrovni IV

Funkce je rozšířena o automatické poskytování naplánované a řídicím potvrzené trasy všem letadlům a dopravním prostředkům na letišti.

Vedení (Guidance) v úrovni IV

Funkce Guidance úrovně IV odpovídá úrovni III.

1.6.3. Zavádění úrovně A-SMGCS

Následující tabulka znázorňuje, jak budou v průběhu let zaváděny a aplikovány jednotlivé úrovně A-SMGCS

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Level	I						II			III			IV			
Dohled (Surveillance)																
Řízení (Control)																
Směrování, Plánování (Routing, Planning)																
Vedení (Guidance)																

Tab. 1-2 Zavádění jednotlivých úrovní A-SMGCS v průběhu let

Další tabulka zobrazuje doporučení jakou úroveň A-SMGCS by měla jednotlivá letiště využívat vzhledem k jejich velikosti a vytíženosti. Zavádění vysokých úrovní A-SMGCS je velmi nákladné a je potřeba velmi dobře zvážit priority a potřeby letišť, například zavádění III a IV úrovně na menších a středních letištích je velmi neekonomické a hlavně tyto technologie nemají dostatečné využití.

Druh letiště	Cena A-SMGCS	Dohled (Surveillance)	Řízení (Control)	Směrování, plánování (Routing, Planning)	Vedení (Guidance)
S malou hustotou provozu	Nekompletní A-SMGCS	Částečně	Částečně	-	-
Se střední hustotou provozu	Nízká cena	I/II	II	-	II
Se střední hustotou provozu a více než 15 dní se špatnými meteorologickými podmínkami	Střední cena	I/II	III	III	III
S hustým provozem	Vysoká cena	III/IV	IV	IV	IV

Tab. 1-3 Doporučené úrovně A-SMGCS pro různé typy letišť

2. Srovnání jednotlivých technologií

Jednotlivé výše popsané technologie jsou ve své podstatě velmi odlišné a to ať je budeme posuzovat z pohledu fyzikálních principů, které využívají, nebo způsobů, jakým získávají data pro svou funkci a následně je zobrazují. I přes tyto zásadní odlišnosti jejich účel je stejný; poskytnout řídícím letového provozu prostředek pro zajištění bezpečného, plynulého a rychlého pohybu na letištní ploše za jakýchkoliv podmínek.

2.1. SMR vs. MLAT vs. ADS-B

Základním rozdílem mezi SMR a zbývajícími dvěma technologiemi je, že SMR je primární systém, čili zachytí jakýkoliv cíl, který má dostatečnou odraznou plochu, kdežto MLAT a ADS-B jsou sekundární systémy, které vyžadují spolupráci sledovaných cílů. Z historického hlediska jsou MLAT a ADS-B velmi mladé technologie, které ovšem vynikají vysokou přesností a spolehlivostí. Navíc za nesrovnatelně nižší náklady než tradiční SMR.

SMR

Výhody:

- Schopnost zachytit jakýkoliv **nespolupracující** i spolupracující cíl
- Nezávislost na palubním zařízení, posádkách letadel a všech dopravních prostředků

Nevýhody:

- Detekovaný cíl je zobrazen pouze jako skvrna na displeji (Viz obr. 2-1)
- Žádné informace o cíli
- Velké množství falešných cílů a odrazů
- Velmi negativně ovlivněn špatnými meteorologickými podmínkami (sněhové nebo dešťové srážky, hustá mlha...) nebo rozsáhlými travnatými plochami na letišti
- Komplikované umístění – radarový stín za překážkami
- Velmi vysoké pořizovací i provozní náklady
- Komplikovaná údržba

Obrazový výstup



Obr. 2-1 Obrazový výstup SMR

MLAT

Výhody:

- Vysoká spolehlivost a přesnost
- Častá obnova informace
- Zobrazení polohy cíle v reálném čase
- Nezávislost na meteorologických podmínkách
- Malé nerotující antény
- Nižší pořizovací a provozní náklady než u SMR
- Možnost senzory kombinovat a sloučit s ADS-B
- Nevyžaduje žádné nové systémy na palubách letadel

Nevýhody

- Vyšší počet antén ve srovnání s ADS-B, tzn. vyšší náklady než na ADS-B
- Vyžaduje přímý výhled na cíl z co nejvíce antén – hrozící zastínění
- Vyžaduje spolupráci palubního zařízení, posádek letadel a vozidel.

ADS-B

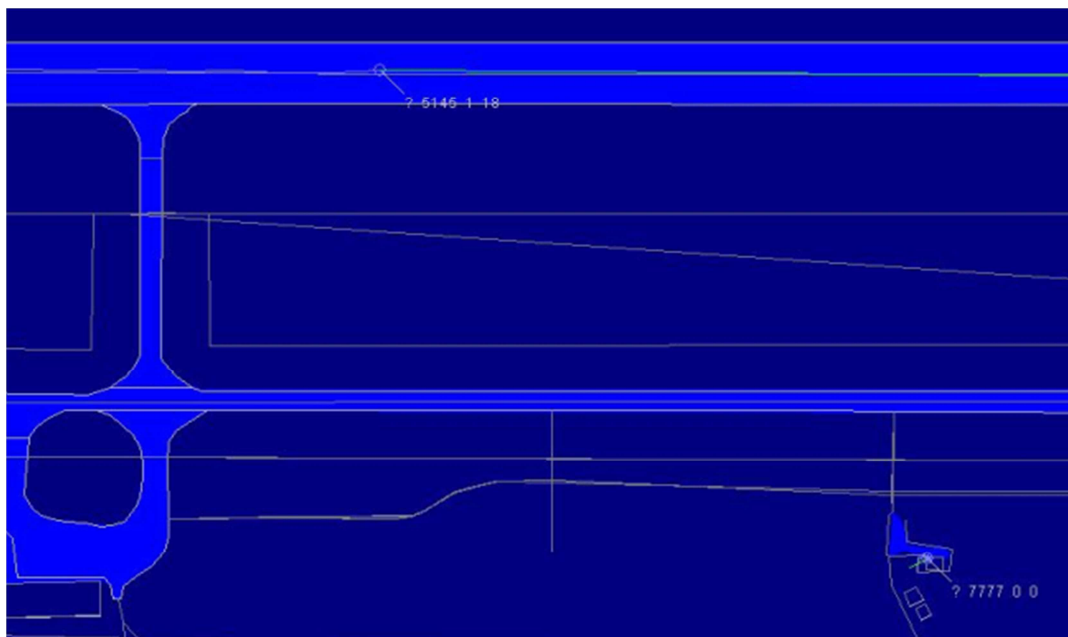
Výhody:

- Jednodušší konstrukce
- Možnost implementace do stávajících systémů MLAT
- Nižší pořizovací a provozní náklady než na MLAT
- Velmi vysoká přesnost a spolehlivost
- Častá obnova informace
- Informace o poloze jsou zpracovány na palubě letadla a pouze odeslány na přijímací stanici – postačuje příjem na jednu anténu na letišti
- Automatická podpora přenosu volacích znaků a dalších informací o letadle (dopravním prostředku).

Nevýhody

- Vyžaduje instalaci nových palubních zařízení
- Závislost na GNSS, dnes výhradně na GPS
- Zpoždění identifikace způsobené zpracováním dat na palubě letadla.
- Vyžaduje spolupráci palubního zařízení, posádek letadel a vozidel.

Obrazový výstup – se pro MLAT a ADS-B příliš neliší. Řídícímu poskytuje velmi přesnou a reálnou polohu cíle spolu s volacím znakem a dalšími údaji, které jsou dostupné.



Obr. 2-2 Obrazový výstup z MLAT a ADS-B přehledového systému

Je zřejmé, že v dnešní době jsou sekundární technologie pro monitorování pohybů na letišti natolik pokročilé, že za jakýchkoliv podmínek a bez větších problémů překonávají a mnohonásobně přesahují možnosti klasických primárních radarů. I přes tyto skutečnosti primární pojezdové radary jsou dnes začleňovány jako jeden ze zdrojů dat do systémů A-SMGCS, ačkoliv se dá říci, že plní roli spíše kontrolní nebo doplňkovou, při lokalizaci objektů na letištní ploše, které nemají odpovídač nebo z jakéhokoliv důvodu není zapnutý nebo funkční a kdy žádný z ostatních systémů objekt nezaznamená. Následkem této neshody systém A-SMGCS (u vyšších úrovní) může vydávat výstrahu a je na řídicím zda objekt vyhodnotí jako známý cíl a přidělí mu identifikaci nebo jako cizí objekt.

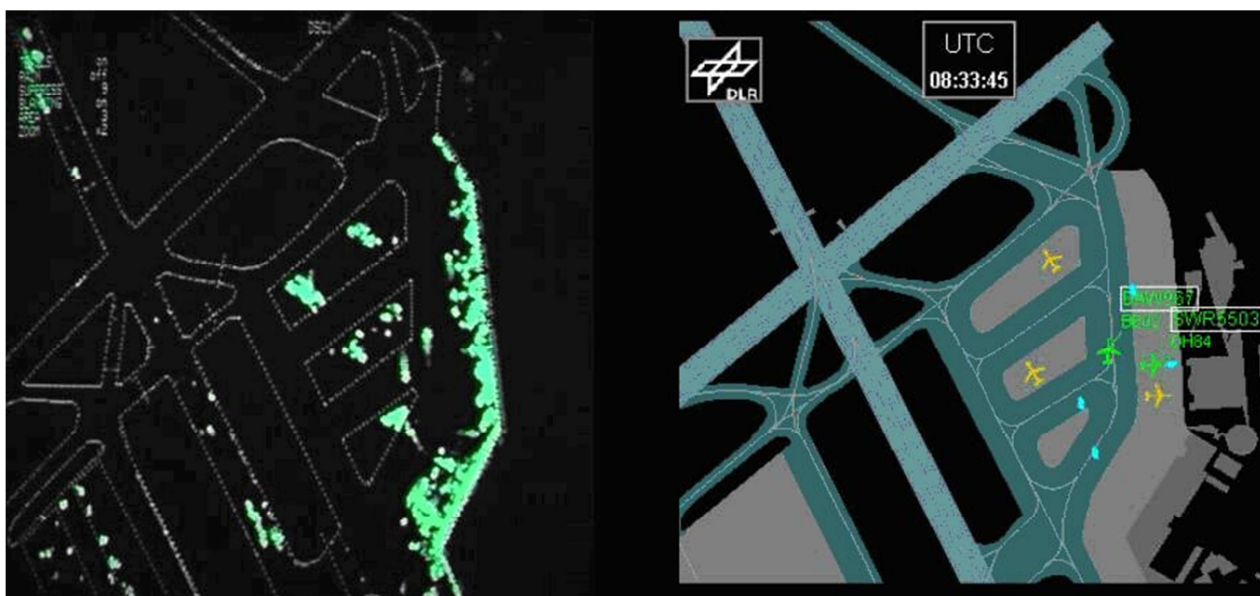
Dnes stále létá spousta letadel všeobecného letectví, která nejsou vybavena odpovídači, což znemožňuje jejich lokalizaci pomocí sekundárních technologií a je možná pouze technologií primární, avšak takový provoz není na většině velkých letišť povolen. Tam kde se takový provoz vyskytuje, jedná se většinou o letiště střední velikosti nebo menší, kde není za dobré viditelnosti problém vizuální řízení pohybů. A v případě podmínek špatné viditelnosti se provoz letadel bez odpovídačů nedá předpokládat. Avšak i zde se dá do budoucna počítat s postupným vývojem, který povede k cenové dostupnosti potřebných zařízení na dovybavení letadel všeobecného letectví. Což povede k dalším možnostem rozvoje MLAT a ADS-B, právě na takových letištích.

Další věcí je pohyb vozidel po letištní ploše. Vozidla jsou ve srovnání s letadly výrazně menší a správná identifikace pomocí SMR je poměrně obtížná, zvláště v blízkosti letadel nebo terminálů. Pokud je letiště vybaveno systémy A – SMGCS, případně jen MLAT nebo ADS-B, je možné sledování vozidel pomocí SQD (SQUID), které je možné nainstalovat na jakýkoliv dopravní prostředek nebo dočasnou překážku (viz kapitola 4.2.2.1.). Takovému vozidlu se dá přidělit identifikační značka

a je stejně jasně identifikovatelné a zobrazené řídícímu jako každé jiné letadlo. Na těchto letištích je samozřejmě velmi důležité zajistit, aby **všechna** vozidla vjíždějící na plochu byla tímto zařízením vybavena a personál byl poučen o postupech správného používání.

2.2. Zobrazení dat na obrazovce SMR vs. A-SMGCS

Za srovnání také stojí zobrazení provozu pomocí primárního pojezdového radaru, podle kterého řídící letového provozu desítky let pracovali s dnešními systémy A-SMGCS, jejichž základním zdrojem dat je MLAT, ADS-B a také SMR. Primární radar zobrazuje pouze informaci o poloze jakéhokoliv objektu (reálné cíle, falešné odrazy, odrazy od hustých srážek), kdežto A-SMGCS zobrazí velmi přesně polohu cíle i s jeho volacím znakem, případně jakoukoliv jinou identifikací, a poskytuje mnoho funkcí pro řídící, jak bylo popsáno v předcházející kapitole.



Obr. 2-3 *Obrazový výstup SMR vs. A-SMGCS [6]*

3. Definice

3.1. Kategorie přesného přístrojového přiblížení a přistání

Kategorie I (CAT I)

Přesné přístrojové přiblížení a přistání s výškou rozhodnutí ne nižší než 200 ft (60 m) a s dohledností ne menší než 800 m, nebo při dráhové dohlednosti ne menší než 550 m.

Kategorie II (CAT II)

Přesné přístrojové přiblížení a přistání s výškou rozhodnutí nižší než 200 ft (60 m) ale ne nižší než 100 ft (30 m) při dráhové dohlednosti ne menší než 350 m a vysoké pravděpodobnosti zdařilého přistání.

Kategorie IIIA (CAT IIIA)

Přesné přístrojové přiblížení a přistání s výškou rozhodnutí nižší než 100 ft (60 m) nebo bez omezení výšky rozhodnutí při dráhové dohlednosti ne menší než 200 m.

Kategorie IIIB (CAT IIIB)

Přesné přístrojové přiblížení a přistání s výškou rozhodnutí nižší než 50 ft (15 m) nebo bez omezení výšky rozhodnutí při dráhové dohlednosti menší než 200 m ale ne menší než 50 m.

Kategorie IIIC (CAT IIIC)

Přesné přístrojové přiblížení a přistání bez stanovené výšky rozhodnutí a limitu dráhové dohlednosti.

3.2. LVC (Low Visibility Conditions) - podmínky nízké dohlednosti

Meteorologické podmínky, za kterých se provádí přiblížení a přistání CAT II nebo CAT III nebo odlety při dráhové dohlednosti 600 m a méně.

3.3. LVP (Low visibility procedures) - postupy za nízké dohlednosti

Zvláštní postupy aplikované na letišti za účelem zajistit bezpečné provádění přiblížení za podmínek CAT II a CAT III nebo odletů při dráhové dohlednosti nižší než 600m.

3.4. LVTO (Low Visibility Take Off) - vzlety za nízké dohlednosti

Vzlety při dráhové dohlednosti nižší než 600 m.

3.5. Výška rozhodnutí

Stanovená výška, ve které se musí zahájit postup nezdařeného přiblížení, nebylo-li dosaženo požadovaného vizuálního kontaktu k pokračování v přiblížení na přistání.

4. Sledování a řízení pohybů na letišti Ostrava – Mošnov

4.1. O letišti Ostrava – Mošnov

Ostravské letiště je jedno ze tří nejvýznamnějších v České republice a zároveň největším regionálním letišťem. Nachází se v severovýchodní části republiky v bezprostřední blízkosti masivu Moravskoslezských Beskyd a asi 20km jihozápadně od centra Ostravy. Má velmi strategickou polohu vzhledem k průmyslovým oblastem a rozvíjejícímu se turistickému ruchu v Moravskoslezském kraji a v pohraničí s Polskem. Nárůst počtu přepravených cestujících a pohybů na letišti po období hospodářské krize to potvrzuje, a tento trend se dá předpokládat i v následujících letech. To má samozřejmě za následek zvyšování provozu na letišti a tudíž i požadavků na kapacitu, propustnost a technické vybavení letiště.

4.2. Historický vývoj této problematiky

V roce 2000 na půdě ŘLP ČR byla zahájena diskuze o budoucnosti systému dohledu nad kontrolovaným vzdušným prostorem. Jedním z nejnaléhavějších problémů v tehdejší době byl nedostatečný přehled nad prostorem právě v okolí ostravského letiště. Nejbližším sekundárním přehledovým radarem (SSR) nebylo možné zajistit přehled pod 3000ft AMSL, protože nebyl schopen „dohlédnout“ pod hřebeny hor. Tehdy se jednalo o jediné certifikované zařízení pro tyto účely, avšak v těchto komplikovaných podmínkách nepříliš účinné a navíc velmi nákladné.

Tyto okolnosti vedly k hledání nových možností a alternativ sekundárního radaru. V roce 2001 bylo na základě komplikovaných analýz bezpečnosti, nákladů a přínosu rozhodnuto o využití systému P3D od společnosti ERA. Jedná se o systém využívající pro sledování letadel technologii multilaterace (MLAT). Toto řešení jasně překonalo možnosti tradičního SSR za nesrovnatelně nižší náklady.

Systém byl kompletně nainstalován v roce 2002 a po roce bezproblémového fungování certifikován dle ICAO Annex 10.

V návaznosti na tento systém byly na letišti instalovány další čtyři antény, díky kterým se výrazně zvýšilo pokrytí a přesnost při sledování pohybů po letištní ploše. Tento systém, určený pro monitorování a řízení pohybů, má výnos na obrazovku řídících na stanovišti TWR a v současné době prochází certifikací.

4.3. Současný stav a vybavení letiště

Letiště disponuje jednou přistávací a vzletovou dráhou 04-22 o délce 3500m (RWY04/22, ICAO cat. 4E). RWY 04 je vybavena jednoduchou přibližovací světelnou soustavou střední svítivosti SALS LIM 450, světelnou soustavou indikující sestupovou rovinu pro přesné přiblížení PAPI 3L a radionavigačním zařízením VOR/DME, NDB/DME. RWY 22 disponuje světelnou soustavou pro přesné přiblížení vysoké svítivosti pro kategorie II a III PALS CAT II/III LIH 900m, světelnou soustavou

indikující sestupovou rovinu pro přesné přiblížení PAPI 3^L, dále zařízením pro přesné přiblížení a přistání a měřičem vzdálenosti LOC CAT II/III ILS, GP 22, DME 22. Na letišti je dále nainstalován zmiňovaný multilaterační přehledový systém využívající odpovědi z palubních odpovídáčů módu S a módu A/C, který je certifikován pro sledování vzdušné situace v regionu a v koncových částech přiblížení na letišti Ostrava. V současné době, jak už bylo řečeno, probíhá certifikace rozšíření systému pro sledování pohybů po letištní ploše.

Letiště je technicky vybaveno a splňuje všechny podmínky pro provoz III. kategorie přesného přiblížení a přistání s výjimkou instalace pojezdového radaru, který je vyžadován ze strany ÚCL na základě předpisu L-14 kde se v bodě 9.8.7 píše:

Na letišti určeném pro použití za podmínek dráhové dohlednosti menší než 550 m musí být instalován pojezdový radar pro sledování pohybů na provozní ploše. [2]

Český předpis L -14 striktně stanovuje použití pojezdového radaru, pokud dráhová dohlednost klesne pod 550m, kdežto v dokumentu ICAO Annex 14, ze kterého L-14 vychází, má tento bod spíše doporučující charakter.

S pojezdovým radarem se na letišti počítalo v souvislosti s výstavbou bezpečnostního centra, které mělo sloužit záchranným a bezpečnostní složkám, hydrometeorologické službě a především pracovníkům ŘLP ČR, jejichž současná pracoviště přestávají vyhovovat kvalitě a úrovni poskytovaných služeb. Součástí bezpečnostního centra mělo být i nové stanoviště TWR, na jehož střeše byl plánován pojezdový radar. Tento projekt, částečně i vlivem hospodářské krize, v současné době není příliš aktuální, ale nutno zmínit, že v případě realizace, umístění pojezdového radaru na střechu nové řídicí věže na letišti v Ostravě není příliš vhodné řešení z důvodů hrozícího velkého radarového stínu a falešných odrazů od okolních budov.

Vzhledem k tomu, že stanovená podmínka ÚCL pro LVP (Low Visibility procedures) za CAT IIIa, tj. vybavení letiště letištním přehledovým systémem pro monitorování pohybu letadel a vozidel na zemi včetně primárního pojezdového radaru (SMR), nebyla splněna, je zatím tento systém provozován bez SMR, avšak je povolen provoz LVP pouze pro CAT II. Navíc se pro provoz za podmínek CATII stanovují následující pravidla a postupy:

- Provoz letadel je možný na všech APN
- Pro odlety jsou povolené jen TWY A a TWY E (jen na těchto TWY jsou zatím nainstalovány návěsní tabule)
- Přilétávající letadla mohou opustit RWY na všech TWY, pokud tomu nebrání jiné okolnosti
- Pro odlety je možné použít i RWY 04 – světla RWY (vysoká svítivost) jsou oboustranná

- Během „Přípravy LVP“ má ostraha při kontrole oplocení letiště, povolen vstup na TWY F přiléhající k APN SEVER
- Pozorovatel ČHMU pro kontrolu přístrojů v meteozahradce, bude vyžadovat přechod TWY F za podmínek CAT II telefonicky na TWR
- Při zhoršení meteorologických podmínek pod CAT II – (upozornění na AMS - BELOW CAT II - RVR 350m a menší), upozorní řídicí posádku. Je však na rozhodnutí posádky jaký postup zvolí, řídicí v žádném případě nezakazuje přistání nebo odlet vzhledem k RVR

Další, již nezmíněná, pravidla stanovují postupy řídicích při výpadech nebo neprovozuschopnosti jednotlivých systémů.

Tato fakta v současné době vedou k hledání nových a cenově přijatelných možností, jak na letišti Ostrava - Mošnov dosáhnout provozu LVP za CAT IIIA s přihlédnutím k technickému vybavení letiště a již zavedeným systémům.

4.4. Popis letištního přehledového systému ATS

Jedná se o multilaterační systém P3D-40 od společnosti Era s rozšířením o čtyři stanice umístěné přímo na letišti, aby bylo zajištěno dostatečné pokrytí a přesnost při sledování pohybů na zemi. Zobrazuje veškerá letadla používající odpovídače Módu A/C/S a ADS-B a vozidla, která jsou vybavena SQB (SQUID). SQB na letišti Ostrava vysílá na ADS-B. Systém poskytuje pouze přehled o všech takto vybavených prostředcích - není vybaven žádnými varovnými funkcemi.

Multilaterační technologie neovlivňují špatné meteorologické podmínky, takže tento systém je možné využívat za CAT I, II i III bez omezení. Slouží řídicím letového provozu pro ověřování dodržování vydaných povolení pro všechna vozidla a letadla, a to především tam, kde řídicí nemá vizuální kontakt. Na monitoru je zobrazena letištní mapa LKMT AD 2-19-1 (Viz příloha č. 3) a prostor 3 NM okolo vztažného bodu letiště do výšky 3000ft AMSL.

4.4.1. Zobrazení letadel

Závisí na tom, zda letadlo má FPL (Filed flight plan) nebo ne, a zda má odpovídač.

Letadla s FPL

Zobrazují se jako cíl, který obsahuje identifikaci letadla, například CSA 349.

Letadlo bez FPL

Pokud má takové letadlo odpovídač módu A/C/S, zobrazí se jako cíl bez identifikace označené pouze otazníkem (?). K takovému letadlu si může řídící připojit jakoukoliv identifikaci.

Letadlo bez odpovídače

Takovéto letadlo nebude zobrazeno vůbec, avšak jeho provoz se za CAT II a III nedá předpokládat, navíc při LVO nebude povolen vůbec.

4.4.1.1. Provoz palubních odpovídačů, když je letadlo na zemi

Vzhledem ke skutečnosti, že letištní přehledový systém využívá pro určení polohy letadla odpovědi z palubních odpovídačů Módu A/C/S, je provozovatel letadla využívající letiště Ostrava povinen zajistit, aby odpovídač Módu S byl v provozu, když je letadlo na zemi. Zároveň pokud je to možné, nastavit identifikaci letadla dle letového plánu, například BA 161. V případě, že letadlo není vybaveno Módem S, musí ponechat zapnutý odpovídač Módu A/C, OFF nebo STBY není povoleno. Při žádosti o potlačení nebo pojíždění, podle toho co nastane dříve, nebo po přistání do té doby než letadlo zaparkuje na stání. Je posádka povinná nastavit přidělený kód A. Po zaparkování musí nastavit mód A kód 0000 a poté mód S a mód A/C do polohy OFF.

4.4.2. Vybavení a zobrazení vozidel

Za jakýchkoliv podmínek musí být všechna vozidla, vstupující na letištní plochy, vybavena SQB s nastaveným volacím znakem, který se zobrazuje u cíle, například Follow 1. Řidič je povinen tento volací znak používat při komunikaci, i když jeho činnost neodpovídá významu volacího znaku. V případě, že je potřeba na letištní ploše vozidlo, které není vybaveno SQB, musí ho neustále doprovázet vozidlo vybavené SQB.

Vozidla, která se po ploše pohybují za podmínek CAT II a III, musí být vybavena GPS a obrazovkou, na které je zobrazena podkladová mapa letiště a aktuální poloha vozidla tak, aby řidič měl neustále přehled o své poloze.

4.4.2.1. SQUID (SQB)

Jedná se o zařízení poskytující informace o poloze vozidla nebo jakékoliv překážky, na které je umístěno. Jde o alternativu standartních odpovídačů, která je ovšem plně kompatibilní s jakýmkoliv MLAT nebo ADS-B systémem. V podstatě jde o vysílač, který samovolně vysílá impulzy ve dvou módech. Jeden je určený pro všechny systémy založené na principu MLAT v Módu S, čili na frekvenci 1090MHz, a

druhý pro systém ADS-B. Pro funkce ADS-B, SQB využívá vestavěný 12 - ti kanálový GPS přijímač. Adresu Módu S si libovolně nastaví uživatel.

Vlastnosti a technické parametry [4]

- Samovolné vysílání signálu v módu S (nosná frekvence 1090MHz)
- Variabilní adresa Módu S
- 12-ti kanálový GPS přijímač
- Nízké elektromagnetické vyzařování
- Malé rozměry a hmotnost (198x157mm)
- Nízká spotřeba energie (~ 3 W)
- Plně automatizovaný provoz
- Výstupní formát zprávy: Režim S odpověď DF 18 (ES / NT) v souladu s přílohou ICAO Annex 10, Vol.4
- Možnost konfigurace a aktualizace firmware pomocí PC
- **Vyhovuje předpisu ICAO Annex 10 Svazek IV**



Obr. 4-1 SQUID (SQB) [4]

4.4.3. Možnosti využití

Možnosti využití letištního přehledového systému pro poskytování ATS na letišti Ostrava stanovují provozní postupy. Umožňují vydávat instrukce a letová povolení letištnímu provozu na základě informací ze systému. Samozřejmě mimo povinností vyplývajících z postupů letiště Ostrava je řídící letového provozu povinen dodržovat ustanovení ostatních českých leteckých předpisů a provozních dokumentů.

Výstupní data na obrazovkách řídících letového provozu se při poskytování letových služeb používají k následujícím činnostem: [11]

- Monitorování, zda letadla a vozidla na provozní ploše dodržují vydaná povolení a instrukce

- Zjištění, že dráha je volná před přistáním nebo vzletem
- Poskytování informací o místním význačném provozu na provozní ploše nebo v její blízkosti
- Určování polohy letadel a vozidel na provozní ploše
- Poskytování směrových informací pro pojiždění letadla, požaduje-li tak posádka nebo považuje-li to řidičí za nezbytné, s výjimkou mimořádných okolností, například nouze, by takové informace neměly být vydávány formou instrukcí stanovujících určitý kurs
- Poskytování pomoci a rad pohotovostním vozidlům
- Zjištění, že na dráze nejsou žádné cíle
- Potvrzení, že přilétávající letadlo opustilo dráhu
- Přesvědčení se, že odlétající letadlo zahájilo rozjezd
- Pomoc při řešení nebezpečného sblížení na provozní ploše letiště
- Poskytování pomoci a rad letadlům
- Ověření hlášené polohy cíle
- Sledování provozní plochy a identifikování optimální trasy pojiždění pro snížení nahromaděného provozu a napomáhání urychlení toku letového provozu v době zhoršených meteorologických podmínek
- Poskytnutí informace o přejetí zapnuté STOP příčky

4.4.4. Procedurální řízení

V případě neprovozuschopnosti letištního přehledového systému pro sledování letadel a všech mobilních prostředků po letištní ploše za CAT II, se využívá procedurálního řízení. Toto řízení stanovuje pro řidičí letového provozu následující pravidla:

- Na provozní ploše je povoleno pouze jedno letadlo nebo mobilní prostředek, s výjimkou letadla vyžadujícího asistenci FOLLOW ME
- V případě ztráty orientace pilota nebo řidiče mobilního prostředku, popřípadě ztráty spojení, nebude povoleno přistání dalšího letadla. Provoz bude obnoven až po uvolnění všech prostředků z provozní plochy

5. Návrhy řešení pro letiště Ostrava

Jak už bylo popsáno výše, letiště je kompletně vybaveno pro CAT III přesného přiblížení a přistání, navíc s velmi pokročilým a moderním přehledovým letištním systémem. Avšak není zde instalován klasický pojezdový radar, což je v současné době důvodem, proč je na letišti povolena pouze CAT II přesného přiblížení a přistání s dalšími provozními a procedurálními omezeními. Vzhledem k lokalitě letiště a meteorologickým podmínkám, především kvůli častým mlhám v podzimních a zimních měsících, je CAT II nedostačující.

Letiště Ostrava je podle ICAO a doporučených tabulek pro zavádění A-SMGCS letiště menší s poměrně malou hustotou provozu, takže zavádění jakékoliv kategorie A-SMGCS je zbytečné a neekonomické. Letišti postačí spolehlivý, cenově dostupný a v místních podmínkách dobře fungující letištní přehledový systém, který bude schopen zajistit bezpečný provoz za CAT I, II a III přesného přiblížení a přistání. Jak bylo popsáno v předcházející kapitole, podle předpisu L-14 je jediným použitelným a certifikovaným prostředkem k tomuto účelu primární pojezdový radar. Ovšem jak ze srovnání jednotlivých technologií vyplývá, existují dnes i jiné, technicky velmi vyspělé a cenově dostupné systémy, které by mohly nahradit klasický pojezdový radar. Z tohoto důvodu jsou pro srovnání navrženy dvě varianty řešení. Jedna plní požadavky ÚCL a předpisu L-14, tzn. instalace pojezdového radaru a druhá, využívající stávající multilaterační systém, rozšířený o bezpečnostní sledovací prvky.

5.1. Varianta 1

První varianta počítá s instalací primárního pojezdového radaru, který byl na letišti plánován již v dřívějších letech v souvislosti s výstavbou bezpečnostního centra. Původní záměr byl umístit SMR na střechu nové řídicí věže, která měla být součástí bezpečnostního centra. Vzhledem k hrozcím radarovým stínům a falešným odrazům od okolních budov je toto umístění nevhodné. Takto umístěný SMR by nebyl schopen detekovat letadla a ostatní dopravní prostředky v blízkosti terminálu a ostatních budov.

Z těchto důvodů je v současné variantě navrhováno umístění SMR naproti terminálu, za RWY. Toto umístění je vhodné zejména kvůli nezastavěnému okolí a dobrému výhledu na provozní plochy před terminálem a ostatními budovami, avšak vyžaduje vybudování věže, na kterou bude radar posazen, a dále také datové a energetické připojení, které bude muset překřížit RWY a TWY, čímž významně narůstají náklady.

Zavedení této technologie poskytne řídicím přehled o úplné dopravní situaci na letišti, tzn. že na obrazovce SMR budou zobrazeny jak spolupracující, tak nespolečující cíle, avšak bez jakékoliv identifikace. Řídicí letového provozu tak bude mít na stanovišti TWR dva nezávislé obrazové výstupy, jeden ze stávajícího multilateračního systému a druhý ze SMR, což je krajně nevhodné a jak plyne z vyjádření řídicích, nereálné použít. Je velmi problematické sledovat a vytvářet si

obraz o dopravní situaci na letišti ze dvou obrazovek, které zobrazují jiné cíle a navíc odlišně. Aby byla data z obou systémů dobře a účinně využitelná, je potřeba je sloučit do jedné obrazovky, což se provádí složitými a velmi nákladnými softwarovými systémy, které jsou schopny tuto fúzi dat a následně jejich vyhodnocení bezchybně provádět. Takový systém je v podstatě základní úroveň A-SMGCS, což výrazně zvyšuje požadavky na kvalifikaci personálu a zavedení nových provozních postupů využívání A-SMGCS v navrhované podobě.



Obr. 5-1 Navrhované umístění SMR

5.1.1. Odhad nákladů na variantu 1

Pořizovací náklady na SMR se poměrně liší v závislosti na výkonu, spolehlivosti a požadavcích zákazníka. Hrubý odhad pořizovací ceny samotného radaru se pohybuje v rozmezí 10 000 000 Kč - 20 000 000 Kč.

Další věci jsou náklady na instalaci. Protože radar nebude umístěn na žádnou stávající budovu, je zde potřeba započítat také stavbu věže, na kterou bude umístěn, dále také energetické a datové připojení a vybavení stanice řídicích - TWR.

Odhadovaná cena instalace včetně věže a všech energetických připojení a vybavení je 6 000 000 Kč.

Náklady na údržbu se odhadují asi na 5% pořizovací ceny, tj. 750 000 Kč/rok.

V součtu se jedná o 18 000 000 Kč – 24 000 000 Kč.

Pokud bychom uvažovali tuto variantu i se systémem zpracování dat, což je v podstatě základní úroveň A-SMGCS, která umožní sloučit datové informace ze stávajícího MLAT systému a nového SMR, musíme započítat následující náklady:

Pořizovací náklady na jednotku A-SMGCS, která obsahuje výkonný počítač, síťové prvky a připojení k jednotlivým technologiím, vstupujících do systému, se pohybuje v rozmezí 35 000 000 Kč – 45 000 000 Kč.

Náklady na instalaci tohoto systému lze odhadnout na 5 000 000 Kč, při čemž značná část této sumy je vynaložena na certifikaci systému.

Jednorázové náklady na zaškolení a kvalifikaci personálu závisí na jejich počtu. Hrubý odhad činí 500 000 – 1 000 000 Kč.

Což je v součtu 45 750 000 Kč.

	SMR	Systém zpracování dat (jednotka A-SMGCS)	SMR + Zpracování dat
Pořizovací náklady	15 000 000 Kč	40 000 000 Kč	55 000 000 Kč
Náklady na instalaci	6 000 000 Kč	5 000 000 Kč	11 000 000 Kč
Kvalifikace personálu	-	750 000 Kč	750 000 Kč
Celkem	21 000 000 Kč	45 750 000 Kč	66 750 000 Kč
Náklady na údržbu	750 000 Kč /rok	1 000 000 Kč / rok	1 750 000 Kč / rok

Tab. 5-1 Odhad nákladů na variantu 1

5.2. Varianta 2

Návrh druhé varianty je založen na využití stávajícího MLAT a ADS-B přehledového systému a rozšíření o bezpečnostní sledovací systémy. Přehledový multilaterační systém P3D od společnosti ERA se od roku 2002 využívá pro sledování vzdušné situace v severovýchodní části České republiky a na letišti Ostrava, ke sledování konečné fáze přiblížení letadel na přistání. Rozšířením o čtyři stanice umístěné přímo na letišti bylo zajištěno dostatečné pokrytí a přesnost systému pro sledování pohybů i na letištní ploše. Zobrazuje veškerá letadla používající odpovídáče módu A/C/S a ADS-B a vozidla která jsou vybavena SQB (SQUID). SQB na letišti Ostrava vysílá na ADS-B. Nevýhodou je, že systém

nezobrazuje nespolupracující cíle a za špatné viditelnosti není schopen zaznamenat a zobrazit případné vniknutí cizího objektu na RWY nebo TWY, což je současné době ošetřeno pravidelnými prohlídkami oplocení, bran a RWY. Pro odstranění těchto prohlídek tato varianta navrhuje zabezpečit perimetr letiště pomocí radarové mikrovlnné a infra technologie.

Jedna až dvě hlavy perimetrického mikrovlnného radaru (více o možnostech tohoto radaru v následující podkapitole) opatřené infra kamerou budou umístěny na letišti tak, aby dohlížely na co největší část areálu letiště a detekovaly veškeré pohyby. Jde především o dozor před cizím vniknutím jakéhokoliv nežádoucího a nespolupracujícího objektu do areálu letiště a následným vniknutím na RWY nebo TWY. Kamery umístěné na hlavě radaru se automaticky natáčí za detekovaným objektem, který tak bude velmi jednoduše možné identifikovat. Další součástí této ochrany je plotový detekční systém s kamerami a infra bránami. Toho bude využito v místech nezajištěných radarovou technikou, tj. především za budovami u výstavních ploch u obce Petřvaldík, za RWY 04 a podobně (viz příloha č. 8).

Výstupy z těchto systémů budou mít především k dispozici pracovníci bezpečnostního dispečinku, nikoliv ŘLP, kteří ovšem velice úzce spolupracují. Je to z toho důvodu, že se nejedná o prostředky sloužící k řízení letového provozu, které jsou pro tuto činnost certifikované, takže ani nemohou být umístěné na stanovišti řídících. Tyto systémy mají sloužit především pro zabezpečení perimetru letiště a prevenci před narušením RWY a TWY.

Pro tuto variantu provozní postupy striktně stanoví, že pohyb letadel bez odpovídače Módu A/C nebo S a vozidel bez SQB nebude v žádném případě povolen za podmínek CAT II a III, tzn. že pohyby po letištní ploše budou řízeny na základě výnosu z multilateračního přehledového systému. Jakýkoliv nespolupracující objekt detekovaný bezpečnostním systémem bude automaticky považován za narušitele. V případě podmínek CAT I se dá předpokládat pohyb letadel bez odpovídače, takže řídicí bude provádět řízení vizuálně a na základě informací od posádek. Přehledový systém bude využívat pouze jako kontrolu o dodržování vydaných povolení u letadel s odpovídači a vozidel s SQB které musí tímto zařízením být vybaveny i za CAT I.

5.2.1. Perimetrický milimetrový radar

Milimetrový radar je velmi vyspělý radarový systém, zkonstruován pro použití v průmyslovém prostředí, a jeho nasazení v obtížných podmínkách dnešních letišť. Vhodným umístěním součástí tohoto zařízení (tzv. hlav) na letištní ploše, je možné dosáhnout až 100% pokrytí a snížit stínování a jiné problémy spojené s konvenčními radary. Nabízí také mnoho dalších výhod, zahrnující spolehlivost a nízké nároky na údržbu.

Systém je vysoce spolehlivý, se zabudovaným automatickým testováním jeho vlastní funkcí a kontroly nastavení. Krypt radarové hlavy poskytuje ochranu před extrémním počasím a chrání ji také před fyzickým poškozením. Jednotka poskytuje snímání v rozmezí 360 stupňů do vzdálenosti přesahující 800 metrů s přesností +/- 0.25m. Typická tloušťka svazku je 1,6°. Signál radaru je digitalizován a zpracováván jednotkou s vysokorychlostního DSP (Digital Signal Processing) systému a pomocí

síťového kabelu nebo optických vláken jsou data přenášena v reálném čase k uživateli.

Radarové hlavy jsou poměrně malá zařízení, vážící kolem 15-ti kilogramů, která nejsou náročné na spotřebu elektrické energie. Jsou montovány na pilíře, které jsou zabudovány do betonového základu. Takováto překážka nepředstavuje žádné nebezpečí pro letadlo, které neočekávaně opustí RWY nebo TWY.

Výstupem z tohoto zařízení je proud dat z primárního radaru ve standardním formátu, uzpůsobený pro přímý vstup do systému zobrazení a zpracování radarových informací jaké uživatel požaduje. Tam kde radarové pokrytí přesahuje hranice kontrolovaného území je možné tato data bez problému odfiltrovat a nezatěžovat tak celý systém a obsluhu.

Možnosti využití a některé technické parametry

- Možnost dosažení úplného radarového přehledu
- Pravděpodobnost určení cíle více jak 95%
- Automatické hlášení chyb a poruch
- Generování méně než jednoho falešného cíle za otáčku
- Rozlišení vyšší než 0.5m
- Okruh nejistoty kolem určeného cíle nižší než +/-5m

Vyplňování mezer v pokrytí

Na letištích, na kterých je již instalován SMR, ale stále mají problémy se stíněním radarového paprsku, například od budov terminálů), je možné nainstalovat samostatnou radarovou hlavu a získat tak přehled nad slepými místy.

Bodové sledování nebo sledování kritických míst

Některá letiště nemají potřebu instalovat kompletní pozemní přehledový systém, avšak v některých případech může dojít k situaci, že z řídicího stanoviště je špatný výhled na kritická místa, například křížení RWY nebo TWY. Na takovém místě mohou být zavedené určité postupy k zajištění bezpečnosti, které ovšem snižují kapacitu RWY. V takových případech je možné poskytnout pouze radarový přehled na specifických místech letiště, takže řídící je informován o všech pohybech v dané krizové oblasti a může lépe předcházet vydávání povolení, která by mohla vést k nebezpečnému sblížení.

Rozšiřování pokrytí

Mnoho malých a středně velkých letišť si z finančních důvodů nemůže dovolit celý systém pozemního přehledu. Avšak vyžaduje alespoň pokrytí kritických míst, jak

bylo popsáno výše. Jakmile provoz na letišti narůstá, je možné pokrytí rozšiřovat až na celou oblast letiště.

Detekce cizích objektů

Další možností využití milimetrového radaru je detekce cizích objektů. Překvapivé množství cizích objektů se v dnešní době může dostat na RWY nebo TWY. Může to být různé nářadí zanechané mechaniky na povrchu letadla, nebo různé mechanické části upadlé jak z letadel, tak z pozemních prostředků. U letadel může dojít k nasátí těchto cizích předmětů do motoru, což v krajním případě může skončit katastrofou. I když nedojde k havárii celého letadla, už samotné poškození motoru je velmi nákladnou záležitostí. Velká světová letiště hlásí obrovské množství cizích předmětů nalezených technikou údržbou drah. To samozřejmě vede k velkému nárůstu inspekčních prohlídek, a tím pádem k omezení kapacity RWY a TWY. Rozlišení pozemního milimetrového radaru je dostačující k odhalení takových předmětů a může tak zabezpečit ochranu letadel a zabránit jejich poškození.

Údržba a spolehlivost

Pravděpodobně jednou z největších výhod tohoto radarového systému je jeho spolehlivost a nízké nároky na údržbu. Každá radarová hlava je velmi spolehlivá a vyžaduje pouze rutinní údržbu. Celý systém je vzájemně nezávislý, tzn. že i když jedna radarová hlava selže, dojde jenom k částečné ztrátě pokrytí, a ne k výpadku celého systému. Jejich nízká váha a snadná demontáž umožňuje velmi rychlé demontování a odeslání výrobcí jedná-li se o vážnější závadu. V případně rutinní údržby a méně závažných poruch se situace řeší zásahem zaškoleného personálu.



Obr. 5-2 Hlava milimetrového radaru s kamerou [5]

5.2.2. Odhad nákladů na variantu 2

Odhad ceny tohoto bezpečnostního systému je velmi problematický, protože se cena se odvíjí podle rozsahu zakázky a náročnosti realizace. Pro letiště Ostrava vznikla cenová nabídka nejmenované firmy, která v maximální variantě činí 12 000 000 Kč na pořízení technologie a 6 000 000 Kč na instalaci. Celkově tedy 18 000 000 Kč. Nutno však říci, že tato suma je jen orientační a může se na základě požadavků letiště změnit.

Náklady na kvalifikaci personálu nebudou nijak zvlášť vysoké, protože se nejedná o zařízení sloužící k poskytování služeb řízení letového provozu a práci s ním nebudou vykonávat řídicí, nýbrž pracovníci bezpečnostního dispečinku.

Multilaterační přehledový systém + bezpečnostní systém	
Pořizovací náklady	12 000 000 Kč
Náklady na instalaci	6 000 000 Kč
Kvalifikace personálu	50 000 Kč
Celkem	18 050 000 Kč

Tab. 5-2 Odhad nákladů na variantu 2

5.3. Srovnání a vyhodnocení variant

Varianta 1, v případě pořízení i jednotky zpracování dat, přinese letišti velmi sofistikovaný systém, který dnes využívá drtivá většina velkých letišť po celém světě. Jeho provoz je schválen a certifikován jak ICAO tak EUROCONTROL. Na základě informací z tohoto systému mohou řídicí letového provozu řídit veškeré pohyby na letišti a spoléhat se na něj za jakýchkoliv meteorologických podmínek. Letiště Ostrava však patří mezi menší letiště, kde takto komplikovaný a složitý systém přehledu a řízení pohybů na letištní ploše v současné době a při současném provozu nemá příliš velké opodstatnění. Další neopomenutelnou věcí jsou pořizovací náklady na tento systém, které jsou pro letiště Ostrava nepřijatelně vysoké.

V případě varianty 1 bez jednotky zpracování dat, tzn. pouze instalace nového SMR, letiště splní požadavky předpisu L-14 a podmínky ÚCL pro provozování CAT IIIA přesného přiblížení a přistání, avšak dojde k tomu, že řídicí letového provozu na stanovišti TWR budou mít dva obrazové výstupy ze dvou nezávislých přehledových systémů. Jeden ze stávajícího multilateračního systému a druhý z nově instalovaného SMR. Jak z vyjádření řídicích vyplývá, řídit pozemní pohyby pomocí dvou takto odlišných obrazovek je nereálné. Řídicí nebude schopen tyto dva obrazové výstupy účinně porovnávat a s dostatečnou přesností a spolehlivostí identifikovat jednotlivé cíle. V praxi to bude vypadat následovně; spolupracující cíle budou zobrazeny na obou obrazovkách, nespolečující cíle pouze na obrazovce SMR a vozidla vybavená SQB se zobrazí na obou obrazovkách, ale pouze v tom případě, že je SMR zaznamenaná, což je velmi problematické v blízkosti letadel a

v okolí terminálů. Co se týče odhalení narušitele (nespolupracující cizí objekt), je možné, ale pouze v případě, že má dostatečnou odraznou plochu, aby ho SMR zaznamenal. Důležité je také říci, že takový objekt bude odhalen, až když vnikne na RWY nebo TWY a to z toho důvodu, že odrazy od travnatých ploch okolo drah jsou odfiltrovány a řídicímu se nezobrazují.

Varianta 2 založená na přehledovém systému využívající pouze sekundární technologie jako je MLAT a ADS-B, je poměrně nestandartní a na světové úrovni unikátní řešení. Přináší však spoustu výhod oproti tradičním radarovým technologiím. Řídicí má na jedné obrazovce s podkladovou mapou letiště kompletní přehled o přesné poloze všech letadel s odpovídající Módou A/C/S a vozidlech vybavených SQB, navíc s jejich identifikací a dalšími údaji. Cíle jsou detekovány a odlišeny i v případech, kdy jsou v těsné blízkosti sebe, takže například má řídicí přehled i o vozidlech, které se pohybují v těsné blízkosti letadel nebo terminálů, kde by je pomocí SMR bylo velmi komplikované identifikovat a odlišit. Problémem tohoto řešení je, že přehledový systém nezobrazí žádný nespolutracující cíl. To je ovšem velmi snadno řešitelné provozními postupy, které jsou částečně již zavedeny. V případě podmínek CAT II a III nebude provoz letadel a vozidel bez odpovídáčů vůbec povolen, tzn. že na letištní ploše se nebude moci vyskytovat žádný objekt, který by nebyl identifikovatelný přehledovým systémem, takže řídicí za těchto podmínek, dle tohoto systému budou moci bez problémů řídit pozemní provoz. V případě CAT I, kdy se na letišti budou moci pohybovat letadla bez odpovídáčů, budou řídicí povinni řídit pozemní provoz vizuálně a na základě informací od posádek a přehledový systém budou moci využívat pouze jako kontrolu dodržování vydaných povolení pro spolupracující cíle.

Detekci cizích nespolutracujících objektů nejen za CAT II a III bude pro variantu 2 zajišťovat navrhovaný bezpečnostní systém. Velkou výhodou oproti SMR je, že tento systém zaznamená daleko menší objekt a daleko dříve, než se dostane na RWY nebo TWY, navíc pomocí kamerového systému bude velmi snadné rozlišit, o jaký objekt jde. Jedná-li se o narušení perimetru přes oplocení nebo jakoukoliv bránou bude objekt okamžitě odhalen buď perimetrickým radarem, nebo plotovým detekčním systémem.

Za finančně přijatelnou lze považovat jak variantu 2, tak variantu 1 ovšem bez jednotky zpracování dat, u níž je velmi diskutabilní její přínos pro letiště.

	SMR	SMR + jednotka zpracování dat	Multilaterační přehledový systém + bezpečnostní systém
Pořizovací náklady	15 000 000 Kč	55 000 000 Kč	12 000 000 Kč
Náklady na instalaci	6 000 000 Kč	11 000 000 Kč	6 000 000 Kč
Kvalifikace personálu	-	750 000 Kč	50 000 Kč
Celkem	21 000 000 Kč	66 750 000 Kč	18 050 000 Kč

Tab. 5-3 Srovnání nákladů na jednotlivé systémy

Budeme-li posuzovat jednotlivé varianty podle následujících kritérií,

- Přínos pro letiště Ostrava
- Využití stávajících systémů
- Náročnost instalace a zavedení systému
- Ekonomické hledisko

vyznívá jako nejvýhodnější varianta 2. Jednak využívá současný moderní přehledový systém, který identifikuje spolupracující cíle pomocí MLAT a ADS-B a zobrazuje informace na jedné obrazovce s podkladovou mapou letiště. Pohyb nespolupracujících cílů (letadla bez odpovídače) bude ošetřen a upraven provozními postupy, které by nijak neměly omezit kapacitu letiště. Dále nově instalovaný bezpečnostní systém by měl zamezit veškerým neoprávněným vstupům do areálu letiště a na RWY a TWY. Neměl by však být považován za náhradu SMR pro potřeby řídicích, ale je schopen velmi dobře zajistit, aby se na provozních plochách i mimo ně nevyskytly cizí objekty, které by jakkoliv mohly ohrozit provoz. Významnou výhodou této varianty jsou také náklady na realizaci. Cena pořízení a instalace celého bezpečnostního systému nedosahuje ani ceny samotného SMR (viz. Tab. 5-3).

Nevýhodou druhé varianty je fakt, že neodpovídá současným českým předpisům, a proto se dá očekávat, že zavedení takto fungujícího systému bude výrazně zdlouhavější než u varianty 1. Bude také nutné vypracovat podrobné studie bezpečnosti a systém bude muset projít zkušebním provozem, na jehož základě bude následně vyhodnocen.

ZÁVĚR

Cílem předkládané diplomové práce podle požadavků Letiště Leoše Janáčka Ostrava bylo popsat a porovnat technologie a systémy, které se v dnešní době využívají pro sledování a řízení pohybů po letištní ploše a navrhnout vhodné řešení týkající se této problematiky s ohledem na aktuální stav a potřeby letiště.

V prvních kapitolách jsou popsány a porovnány technologie a systémy sloužící ke sledování a řízení pohybů po letištní ploše. Ze srovnání jejich charakteristik a technických vlastností je patrné, že v letectví sekundární technologie jako MLAT nebo ADS-B jsou technologie budoucnosti, a již dnes překonávají možnosti tradičních primárních i sekundárních radarů. Jejich uplatnění je velmi široké a využívají se jak pro sledování a řízení vzdušné situace, tak pro monitorování pohybů po letištních plochách. Dnes jsou již běžně zařazovány do různých úrovní A-SMGCS a stávají se jeho nezbytnou součástí. Pokud jde o samotný primární radar, konkrétně v případě sledování pozemních pohybů o pojezdový radar (SMR), lze říci, že jeho technické možnosti jsou dnes již překonány. Je-li však součástí A-SMGCS, jedná se o důležitý zdroj polohových informací o všech spolupracujících i nespolupracujících cílech, který v kombinaci s MLAT nebo ADS-B případně dalšími technologiemi tvoří velmi účinný prostředek pro bezpečné a rychlé sledování a řízení pozemních pohybů. Faktem však zůstává, že A-SMGCS je velmi nákladný systém, který je vhodný spíše pro větší letiště s hustším provozem. Pro menší a střední letiště s menší hustotou provozu tento systém nemá příliš velké opodstatnění vzhledem k jejich nenaplněné kapacitě a výši nákladů na pořízení a instalaci, navíc většina z nich si takovou investici nemůže dovolit. Samozřejmě i tato letiště potřebují zachovat svou provozuschopnost za jakýchkoliv meteorologických podmínek, proto také vyžadují přehledový systém, který to umožní. Z porovnání vyplývá, že přehledový systém založený na technologii MLAT ve spojení s ADS-B je jak z technického, tak ekonomického hlediska velmi dobrou alternativou samotného SMR, a to i přes jisté komplikace pramenící ze skutečnosti, že se jedná o sekundární systémy. Samozřejmě nutno říci, že výběr vhodné technologie velmi záleží na aktuálním technickém vybavení a podmínkách konkrétního letiště.

V dalších kapitolách je popsána současná situace okolo této problematiky na Letišti Ostrava a návrhy jak řešit sledování a řízení pozemních pohybů za CAT IIIA, které chce letiště dosáhnout. Jako technický a ekonomicky nejvýhodnější a s největším přínosem pro ostravské letiště se jeví varianta 2, která využívá současný moderní přehledový systém založený na MLAT a ADS-B, rozšířený o bezpečnostní systém využívající milimetrový perimetrický radar s infrakamerami a plotový detekční systém, který zabezpečí, aby jakýkoliv nežádoucí a nespolupracující objekt nevniknul do areálu letiště případně až na RWY a TWY. Samozřejmostí je stanovení provozních postupů, které určí jak má řídicí s takovým systémem pracovat a k čemu jej může využít za podmínek CAT I a CAT II a III.

Je jasné, že se jedná o nestandardní řešení, jak na naší, tak světové scéně. V současnosti neodpovídá českým předpisům a jeho zavedení bude podmíněno vypracováním podrobných studií bezpečnosti a zkušebním provozem, na jehož základě bude vyhodnocen.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŘLP ČR s.p., Multilateration & ADS-B Executive Reference Guide [online], [cit. 2011-04-15]. Dostupné na WWW: <http://multilateration.com>
- [2] ŘLP ČR s.p., LIS, Předpis L-14 Letiště. Praha. 2009
- [3] EUROCONTROL, Advanced Surface Movement Guidance and Control System [online], [cit. 2011-04-20]. Dostupné na WWW: http://www.eurocontrol.int/airports/gallery/content/public/a_smgcs/index.html
- [4] SRA International, Inc., ERA, Air Traffic Management & Aviation [online], [cit. 2011-04-20]. Dostupné na WWW: <http://www.sra.com/era/>
- [5] Navtech Radar, Airport Surface Movement [online], [cit. 2011-04-20]. Dostupné na WWW: <http://www.navtechradar.com/Runway%20Surveillance.htm>
- [6] BEDUHN, B. German Aerospace Center, Advanced Surface Movement Guidance and Control System, 2005. [online], [cit. 2011-04-20]. Dostupné na WWW: <http://www.dlr.de/a-smgcs/index.html>
- [7] Wolff, Ch. Radar Tutorial [online], [cit. 2011-04-20]. Dostupné na WWW: <http://www.radartutorial.eu/index.en.html>
- [8] BURIÁN, P. Identifikace pohybů na letištní ploše. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Viktor Sotona, MBA.
- [9] PÉK, V. Využití informace z ADS-B v pasivních multilateračních systémech. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, 2008. 48s. Vedoucí diplomové práce Prof. RNDr. Petr Přikryl, CSc.
- [10] ADS-B. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, [online] [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/ADS-B>
- [11] Ksiazek, P. Letištní přehledový systém ATS pro sledování pohybu letadel a vozidel na pohybové ploše a vozidel na přilehlých komunikacích. LKMT: ŘLP ČR s.p., 2008
- [12] Ksiazek, P. Dodatečné postupy pro LVP na letišti Ostrava/Mošnov. LKMT: ŘLP ČR s.p., 2008
- [13] ICAO, Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual, 2004

- [14] EUROCONTROL, Definition of A-SMGCS Implementation Levels, 2005

- [15] O'NEIL, K. Surface movement radar[onlineAdvanced Aviation Technology Ltd., Low Cost Surface Movement Radar [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.aatl.net/publications/smrssystem.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ACAS	Airborne Collision Avoidance System	Palubní protisrážkový systém
ADS	Automatic Dependent Surveillance	Automatické Závislé sledování
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast	Automatické Závislé sledování - Vysílání
AMS	Aerodrome Monitoring System	Letištní monitorovací systém
AMSL	Above mean sea level	Nad střední hladinou moře
APN	Apron	Odbavovací plocha
ASDE	Airfield Surface Detection Equipment	pozemní radar
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance And Control System	Pokročilý systém navádění a kontroly pozemních pohybu
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATM	Air traffic management	Uspořádání letového provozu
ATS	Air traffic services	Letové provozní služby
CAT I-III	Category I-III	Kategorie I - III (přesného přiblížení a přistání)
DME	Distance measuring equipment	Měřič vzdálenosti
DSP	Digital Signal Processing	Digitální zpracování dat
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropská komise pro civilní letectví
FIS-B	Flight Information Service - Broadcast	Letová informační služba - všesměrově vysílaná
FL	Flight level	Letová hladina
FPL	Filed flight plan	Podaný letový plán
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globální družicový navigační systém
GP	Glide path	Sestupový maják ILS, sestupová rovina
GPS	Global Positioning System	Globální poziční systém
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace civilního letectví
ILS	Instrument Landing System	Systém přístrojového přiblížení
ILS	Instrument landing systém	Systém pro přesné přiblížení a přistání
LIM	Light intensity medium	Návěstidla střední svítivosti
LIH	Light intensity high	Návěstidla vysoké svítivosti
LKMT	ICAO code Ostrava Leos Janacek Airport	ICAO kód Letiště Leoše Janáčka Ostrava
LLZ	Localizer of ILS	Localizer systému ILS
LOC	Localizer	Kurzový maják ILS
LVC	Low Visibility Conditions	Podínky nízké dohlednosti
LVP	Low Visibility Procedures	Postupy za nízké dohlednosti
LVTO	Low visibility Take Off	Vzlety za nízké dohlednosti
MLAT	Multilateration	Multilaterace
NDB	Non-directional radio beacon	Nesměrový radiomaják
PALS	Precision approach lighting system	Světelná soustava pro přesné

Letecký ústav v Brně

		přiblížení
PAPI	Precision approach path indicator	Světelná soustava indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení
PRM	Precision Runway Monitor	Přesné sledování dráhy
RLP	Air Navigation Services	Řízení letového provozu
RVR	Runway visual range	Dráhová dohlednost
RVSM	Reduced vertical separation minimum (300 m (1000 ft))between FL 290 and FL 410	Snížené minimum vertikálního rozstupu (300 m (1000 ft))mezi FL 290 a FL 410
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SALS	Simple approach lighting systém	Jednoduchá přibližovací světelná soustava
SMGCS	Surface Movement Guidance And Control System	systém navádění a kontroly pozemních pohybu
SMR	Surface Movement Radar	Pozemní přehledový radar
SQB	Squid	Squid
SSR	Secondary Surveillance Radar	Sekundární přehledový radar
STNBY	Stand by	Čekej
TCAS	Traffic alert and collision avoidance systém	Provozní výstražný protisrážkový systém
TDOA	Time Difference Of Arrival	Časový rozdíl příjmu signálu
TEC	Tower Executive Controller	Pracovní pozice na TWR
TIS-B	Traffic Information Service - Broadcast	Dopravní informační služba - všesměrově vysílaná
TWR	Tower	Letištní řídicí věž
TWY	Taxiway	Pojížděcí dráha
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
UAT	Universal Access Transceivers	
UCL	Civil Aviation Authority	Úřad pro civilní letectví
UHF	Ultra high frequency (300 to 3 000 MHz)	Ultrakrátké vlny (300 až 3 000 MHz)
VHF	Very high frequency (30 to 300 MHz)	Velmi krátké vlny (30 až 300 MHz)
VOR	VHF omnidirectional radio range	VKV všesměrový radiomaják

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Architektura A-SMGCS

Příloha č. 2 – Porovnání zobrazení SMR vs. A-SMGCS

Příloha č. 3 – Letištní mapa LKMT AD 2-19-1

Příloha č. 4 – Obrazovka multilateračního systému na LKMT – vzdušné situace v okolí

Příloha č. 5 – Obrazovka multilateračního systému na LKMT – přistávající letadlo

Příloha č. 6 – Obrazovka multilateračního systému s kompletní mapou LKMT

Příloha č. 7 – Obrazovka multilateračního systému na LKMT – historie trajektorie cíle

Příloha č. 8 – Návrh varianty 2

PŘÍLOHY